



DISEÑO DEL TMA DE MADRID EN CONFIGURACIÓN NORTE (LLEGADAS A MADRID/Barajas POR LAS PISTAS 33)

JUNIO 2006

AERONAVEGACIÓN

JAVIER GARCÍA-HERAS CARRETERO

DISEÑO DEL TMA DE MADRID EN CONFIGURACIÓN NORTE (LLEGADAS A MADRID/Barajas POR LAS PISTAS 33)

INDICE:

1.- Capítulo 1: Generalidades

1.1.- Objetivo.....	Página 3
1.2.- Alcance.....	Página 3
1.3.- RNAV:	
1.3.1.- Introducción.....	Página 4
1.3.2.- Descripción.....	Página 9
1.3.2.1.- Infraestructura de navegación.....	Página 13
1.3.2.2.- Operaciones en TMA.....	Página 15
1.3.3.- Tipos de sistemas RNAV, según el sensor utilizado:	
1.3.3.1.- DME/DME.....	Página 17
1.3.3.2.- VOR/DME.....	Página 19
1.3.3.3.- INS.....	Página 20
1.3.3.4.- GNSS.....	Página 21
1.3.3.5.- LORAN C.....	Página 29
1.3.4.- PRNAV:	
1.3.4.1.- Introducción.....	Página 33
1.3.4.2.- Descripción.....	Página 34
1.3.4.3.- Beneficios.....	Página 36

2.- Capítulo 2: Diseño

2.1.- TMA de Madrid:

2.1.1.- Descripción. Límites, CTR's, VFR corredores.

LED, LER, LEP.....	Página 38
--------------------	-----------

2.1.2.- Estado actual.....	Página 47
----------------------------	-----------

2.2.- Diseño del TMA:

2.2.1.- Requisitos operacionales.....	Página 64
---------------------------------------	-----------

2.2.2.- Reglas generales.....	Página 65
-------------------------------	-----------

2.2.3.- Llegadas, Barajas configuración norte con PRNAV.....	Página 66
--	-----------

2.2.4.- Transiciones con PRNAV.....	Página 70
-------------------------------------	-----------

2.2.5.- Aproximaciones ILS simultaneas, independientes a las pistas 33R y 33L:.....	Página 75
2.2.5.1.- Aproximación intermedia.....	Página 79
2.2.5.2.- Aproximación final.....	Página 81
2.2.5.2.- Frustrada.....	Página 83
2.2.6.- Áreas de protección.....	Página 90
2.2.7.- Codificación.....	Página 100
2.2.8.- Simulación del diseño de las entradas al TMA.....	Página 102
2.4.- Conclusiones.....	Página 109
3.- Acrónimos.....	Página 111
4.- Bibliografía.....	Página 113
Anexo 1: Carta de llegada normalizada (STAR). RNAV _{DME/DME} RWY 33L/33R	
Anexo 2: Diseño inicial Carta de llegada normalizada (STAR). RNAV _{DME/DME} RWY 33L/33R.	
Anexo 3: Carta de llegada normalizada (STAR). RNAV _{DME/DME} RWY 33L/33R y cobertura radar.	
Anexo 4: Alturas máximas permitidas.	
Anexo 5: Diseño de separación transiciones.	
Anexo 6-A: Protecciones aproximación RWY 33L.	
Anexo 6-B: Protecciones aproximación RWY 33R.	
Anexo 7: Superficies PAOAS.	
Anexo 8-A: Aproximación ILS RWY 33L.	
Anexo 8-B: Aproximación ILS RWY 33R.	
Anexo 9: Distancias de iniciación del giro y radio de giro, mediante fly-by.	
Anexo 10: Longitud mínima de los segmentos para las transiciones fly-over.	
Anexo 11-A: Protecciones rutas de entrada RWY 33L.	
Anexo 11-B: Protecciones rutas de entrada RWY 33R.	
Anexo 12-A: Protecciones transiciones RWY 33L.	
Anexo 12-B: Protecciones transiciones RWY 33R.	
Anexo 13: Cartas diseños actuales.	

CAPÍTULO 1: GENERALIDADES

1.2.- OBJETIVO

Se diseñará el TMA de Madrid mediante la aplicación de la P-RNAV aumentando así de forma considerable la capacidad y la operatividad del aeropuerto, debido a que al diseñarse de forma que sólo puedan navegar aeronaves con sistemas RNAV, de manera que las rutas P-RNAV permitan realizar aproximaciones y salidas simultáneas independientes a ambas pistas, reduciendo la separación, tanto lateral como longitudinal, entre aeronaves.

Se tendrá en cuenta en la realización del diseño que en todos los puntos del TMA, con una altitud mínima sobre los obstáculos de 1000 ft, están disponibles un mínimo de tres estaciones DME para calcular la posición, debido a la gran cantidad de estas estaciones que existen en el mismo:

1. Barahona (41°19'25''N, 002°37'48''W).
2. Robledillo (40°51'14"N, 003°14'47"W).
3. S.S. de los Reyes (40°32'47"N, 003°34'31"W).
4. Perales (40°15'10"N, 003°20'52"W).
5. Torrejón (40°33'51"N, 003°21'37"W).
6. Castejón (40°22'19"N, 002°32'41"W).
7. Somosierra (41°09'06"N, 003°36'17"W).
8. Colmenar Viejo (40°38'46"N, 003°44'08"W).
9. Barajas (40°28'09"N, 003°33'28"W).
10. Navas (40°22'07"N, 004°14'58"W).
11. Toledo (39°58'10"N, 004°20'15"W).
12. Villatobas (39°46'51"N, 003°27'51"W).

1.2.- ALCANCE

Se diseñarán las entradas a Madrid-Barajas para que permita la navegación P-RNAV, así como las transiciones y las aproximaciones Categoría I simultáneas independientes a ambas pistas, con vigilancia radar en todos los puntos, intentando no

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

modificar ninguna otra ruta ya que no se dispone de la información suficiente de porque van situadas en esos lugares, así como de los acuerdos que las hicieron posibles y mientras que sean respetadas el diseño del TMA será viable, así como tampoco se verán modificados los puntos de entrada al TMA con el fin de no modificar ninguna ruta fuera de éste, un ejemplo de este tipo de rutas que no se verán modificadas serían las militares, así como las zonas prohibidas restringidas o peligrosas, entre otras.

Los diseños serán efectuados de manera que sólo puedan ser utilizados por aeronaves equipadas con sistema RNAV, por lo tanto se realizará la suposición de que todas las aeronaves poseen dicho equipo. Por lo tanto, él excluirá los circuitos de espera y la aproximación inicial e intermedia, que en la navegación P-RNAV son sustituidas por las transiciones.

Se realizará una completa codificación de los datos y las cartas según la normativa establecida para tal efecto.

1.3.- NAVEGACIÓN DE ÁREA (RNAV)

1.3.1.- INTRODUCCIÓN

Durante muchos años el principal medio de navegación, al menos en el continente europeo y en el continente norteamericano, ha sido por medio de rutas de radio navegación definidas por VOR/DME. Mejorando la ubicación de estas radioayudas es posible la construcción de una red entera de aerovías que se pueden utilizar por el equipo de a bordo para definir el vuelo del avión del despegue hasta el momento del aterrizaje. Otras ayudas de radio frecuencia también utilizadas en este tipo de navegación incluyen DMEs y NDBs. Este sistema de rutas es, por tanto, fijo e inflexible desde un punto de vista geográfico, ya que una vez situada la estación es inamovible.

Sin duda, la mayor aportación actual al sistema de navegación es la llamada Navegación de Aérea. En la figura 1.3.1 se muestra un ejemplo de la navegación convencional y la RNAV. Esta capacidad permite a los proveedores de servicios de navegación aérea ofrecer soluciones más efectivas en coste a los usuarios del espacio

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

aéreo. Las actuales ayudas, VOR y DME pueden soportar RNAV y están protegidos por OACI más allá del año 2010.

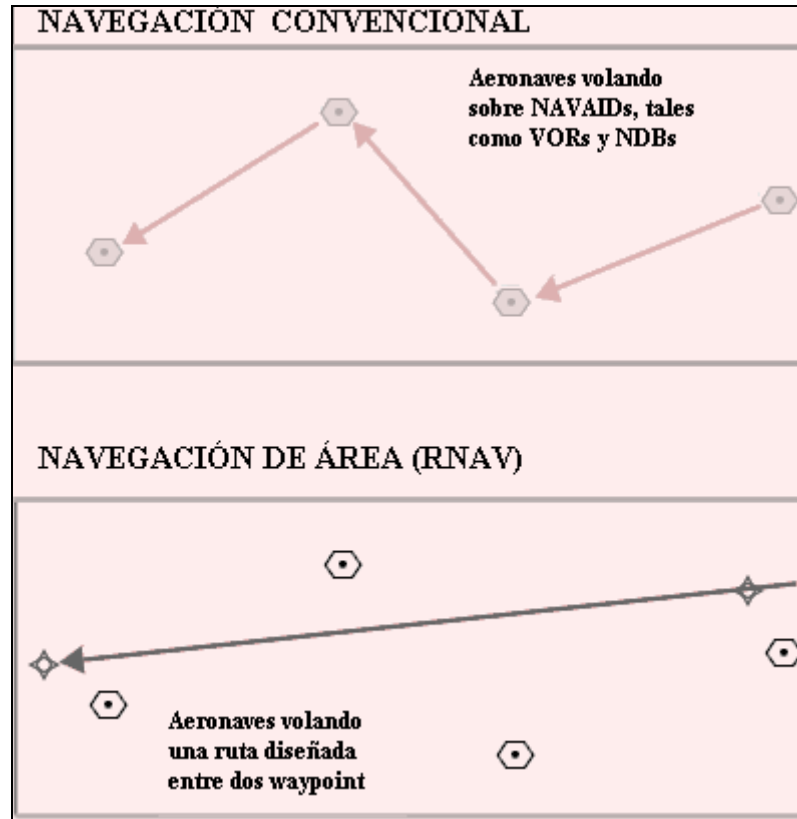


Figura 1.3.1.- Comparación navegación convencional y navegación RNAV. [Ref. 4.1.5]

A comienzos de los 90, muchos operadores adoptaron GNSS a causa de la disponibilidad de receptores GPS baratos. Éstos vieron rápidamente los beneficios de tener una capacidad global RNAV y demandaron aviónicas que se pudieran usar para operaciones IFR. La constelación básica GPS no proporciona alertas oportunas cuando un satélite transmite información no válida. Por esta razón, las aviónicas IFR deben aumentar la señal GPS para asegurar integridad, de ahí el termino de ABAS. La técnica ABAS más común es una técnica de detección de fallo conocida como RAIM. RAIM utiliza medidas redundantes para detectar señales fallidas y alertar al piloto. Este requisito de señales redundantes impide que el guiado de navegación con integridad esté disponible el 100% de las veces. Este déficit de disponibilidad impone a las aeronaves continuar usando aviónicas tradicionales y a los proveedores de servicio mantener las ayudas terrenas convencionales. Ésa es la razón de que la aprobación de GPS/ABAS se denomine medio suplementario. Otra técnica ABAS realiza una hibridación del receptor

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

GPS con sensores inerciales. Esta opción es considerada por la aviación comercial como una buena solución final.

La RTCA y la FAA desarrollaron estándares para aviónicas ABAS y las primeras aprobaciones fueron concedidas en 1993. Muchos estados han sacado partido de GPS/ABAS para mejorar el servicio sin ningún gasto en infraestructura. La explotación de GPS es una primera etapa en la transición hacia un GNSS para todas las fases de vuelo.

Muchos operadores utilizan GPS como una ayuda a la navegación VFR. Mientras que el piloto confíe en la lectura de su mapa y en el contacto visual con tierra, el uso de GPS puede incrementar seguridad y eficiencia.

La aprobación como medio suplementario cubre operaciones en ruta, terminal y aproximaciones de no precisión. Algunos proveedores de servicio han diseñado nuevas operaciones GPS “*stand alone*” para sacar partido de esta aprobación. En algunos estados se autoriza a los pilotos a volar ciertas aproximaciones de no precisión convencionales (por ejemplo VOR y NDB) usando GPS. Éstas son denominadas operaciones “*overlay*” y permiten a los operadores beneficiarse de la exactitud GPS sin la necesidad de diseñar nuevos procedimientos. Ésto se ve como un paso intermedio para alcanzar máximos beneficios para los usuarios. En todos los casos, cuando el piloto selecciona un aeródromo alternativo no puede esperar que exista una aproximación GPS en éste.

Diversos estados han aprobado el uso de GPS como medio primario para áreas remotas y oceánicas. Un medio primario debe tener la habilidad para identificar y excluir una señal de satélite fallida y continuar proporcionando guiado, esto se conoce como FDE. Bajo esta aprobación, la aeronave debe llevar sistemas duales y los operadores deben realizar predicciones antes de los vuelos para asegurar que habrá suficientes satélites en vista como para contar con la capacidad FDE durante el vuelo planeado. Esta aprobación permite evitar el coste de sistemas inerciales de navegación en áreas remotas y oceánicas.

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

Algunos estados han implantado sistemas NOTAM para avisar a los pilotos cuando la función RAIM está disponible. Ésto no es necesario en aprobaciones como medio suplementario, pero un medio primario requiere que bien el operador o el proveedor de servicio determine qué servicio estará disponible a través del vuelo.

Para resolver las deficiencias en términos RNP de los elementos centrales GPS/GLONASS se han ideado las llamadas aumentaciones GNSS (SBAS y GBAS) las cuales están bajo un proceso de estandarización en OACI que se espera culmine en el año 2001. Sin embargo, existen problemas técnicos, operacionales e institucionales que son necesarios resolver para alcanzar el objetivo de un GNSS como medio único y capaz de reemplazar, en última instancia, a las ayudas tradicionales.

Los procedimientos de salida, llegada, aproximación y aproximaciones frustradas son diseñados para asegurar las operaciones de las aeronaves, los cuales vuelan de acuerdo con los requisitos publicados del procedimiento en particular. Hasta ahora, estos procedimientos se basan en el uso de NAVAIDs tales como VORs, DMEs y NDBs, la disponibilidad y la localización de estas influirán directamente en el diseño del procedimiento. Además de producir en muchos casos menos del grado óptimo de *routing*, la exactitud proporcionada por la principal radio-ayuda, VOR es $\pm 5^\circ$ (OACI Anexo 10), necesitan grandes cantidades de espacio aéreo para las rutas diseñadas con este tipo de radio-ayudas. Durante los últimos 20 años, ha aumentado el porcentaje de aviones de la flota que disponen de equipos más sofisticados de RNAV. Este avión mientras utilice las entradas de las NAVAIDs existentes, no estará obligado a utilizar tales ayudas de la manera tradicional.

Dichos aviones equipados con capacidad RNAV vuelan de forma rutinaria procedimientos convencionales (SIDs, STARs y Enroute). Hasta hace poco tiempo los procedimientos RNAV no se utilizaban de manera sistemática en el espacio aéreo terminal. Mientras que se introducen, el funcionamiento de la navegación de la aeronave debe continuar en los niveles actuales o mejorar (con procedimientos RNAV correctamente diseñados). La exactitud y la flexibilidad realizadas en la navegación que junto con la capacidad RNAV produce ventajas cuando se combina con procedimientos

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

RNAV bien diseñados y/o se optimizan técnicas RNAV de control. Estas ganancias se pueden obtener por:

- El espacio aéreo utilizado (con técnicas operacionales mejoradas).
- El espacio aéreo designado.
- El ATM proveedor de servicios (con una operación más eficiente del sistema de ATM usando trayectorias de vuelo preferidas y un potencial aumento en capacidad de la dirección de regulación del tráfico).
- Los operadores del aeropuerto (por un incremento de la capacidad de la pista y una mejora en las relaciones con la comunidad debido a la contención o reducción del impacto medioambiental).

Se debe asegurar que tanto las aeronaves con sistemas RNAV como los equipos convencionales puedan seguir operando con normalidad. Puede ser el balance más difícil de alcanzar, especialmente durante las primeras fases de transición cuando los procedimientos RNAV están en minoría. El sistema ATC se adaptará a este cambio, como se ha hecho cada vez que los controladores disponían de productos tecnológicos más desarrollados. Los controladores cambiaron en la utilización del radar primario al radar secundario y antes de eso, cambiaron de control por procedimientos a control radar. Este cambio permitió a los controladores no sólo ver el tráfico sino también debido al SSR, obtienen identificación continua del avión.



La nueva tecnología a menudo permite a los controladores la capacidad de aumentar el volumen de espacio aéreo controlado. La introducción del radar, por ejemplo, permitió una importante reducción en el criterio de separación de aeronaves y los controladores fueron capaces de guiar a las aeronaves mediante vectores radar. Muy rápidamente, éste llegó a ser el medio mediante el cual se separaban, ordenaban y daban más velocidad al flujo de tráfico aéreo. Como el tráfico aumentó, esta táctica del uso del radar se explotó completamente y en la congestionada área terminal europea actual, el radar se utiliza constantemente por los controladores como una táctica para agilizar el tráfico aéreo. La razón de ampliar las aplicaciones RNAV en el espacio aéreo terminal es que el controlador ahora tiene disponibles más radio-ayudas de control táctico que antiguamente, y el cambio hacia la auto-navegación puede tener como resultado que los

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

controladores de aproximación reduzcan la frecuencia de sus intervenciones en el control del tráfico aéreo.

1.3.2.- DESCRIPCIÓN

La navegación de área se define como un método de navegación que permite la operación de aeronaves en cualquier trayectoria de vuelo deseada, ya sea dentro de la cobertura de las ayudas a la navegación, dentro de los límites de las prestaciones de los sistemas autónomos o de una combinación de ambas posibilidades. Las rutas RNAV se definen mediante unos puntos significativos llamados *waypoints*, que son definidos mediante sus coordenadas, expresadas en WGS84. Hay diferentes tipos dependiendo del procedimiento que se quiera realizar, teniendo en cuenta donde se comience el giro de la aeronave se utilizará un tipo u otro para definirlo. Hay dos tipos [Ref. 4.1.5]:

- Fly-by  : Es un tipo de *waypoint* que requiere de un giro anticipado (empieza a girar antes del punto) para permitir una interceptación tangencial del siguiente segmento de la ruta. El sistema de navegación de la aeronave calcula el principio del giro hasta el tramo siguiente de la ruta. Es el tipo más utilizado para todas las SIDs/STARs RNAV.
- Fly-over  : Es un *waypoint* en el cual se comienza el giro, la aeronave empieza el giro al siguiente tramo de la ruta pasando sobre el *waypoint*. Este tipo es utilizado en los TMAs que no es posible el uso de un Fly-by, o donde se obtienen grandes ventajas utilizándolo.

Las habilidades producidas por la RNAV se traducen en una interesante posibilidad para las aproximaciones de control radar. Las rutas pueden diseñarse dentro del espacio aéreo terminal a lo largo de rutas basadas en vectores radar.

Donde tradicionalmente solo una ruta de llegada podía estar unida a la EF del espacio aéreo terminal y a un punto en el DL o BL, varias rutas se pueden diseñar ahora desde la EF, mediante ordenadas en abanico hacia varias posiciones respecto al DL o BL, dando opción a ordenar grandes secuencias como se aprecia en la figura 1.3.2. Las rutas de salida y llegada pueden potencialmente separarse lateralmente o verticalmente,

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

aunque los criterios de separación para el espacio aéreo terminal aún necesitan ser redefinidos.

Actualmente el avión puede ser guiado mediante vectores radar mientras desciende a lo largo de un DL (con vectores diferentes para los distintos vientos y derivas para distintas velocidades de la aeronave), la RNAV permite realizar rutas directas entre dos fijos sin ser necesario un ajuste de rumbo.

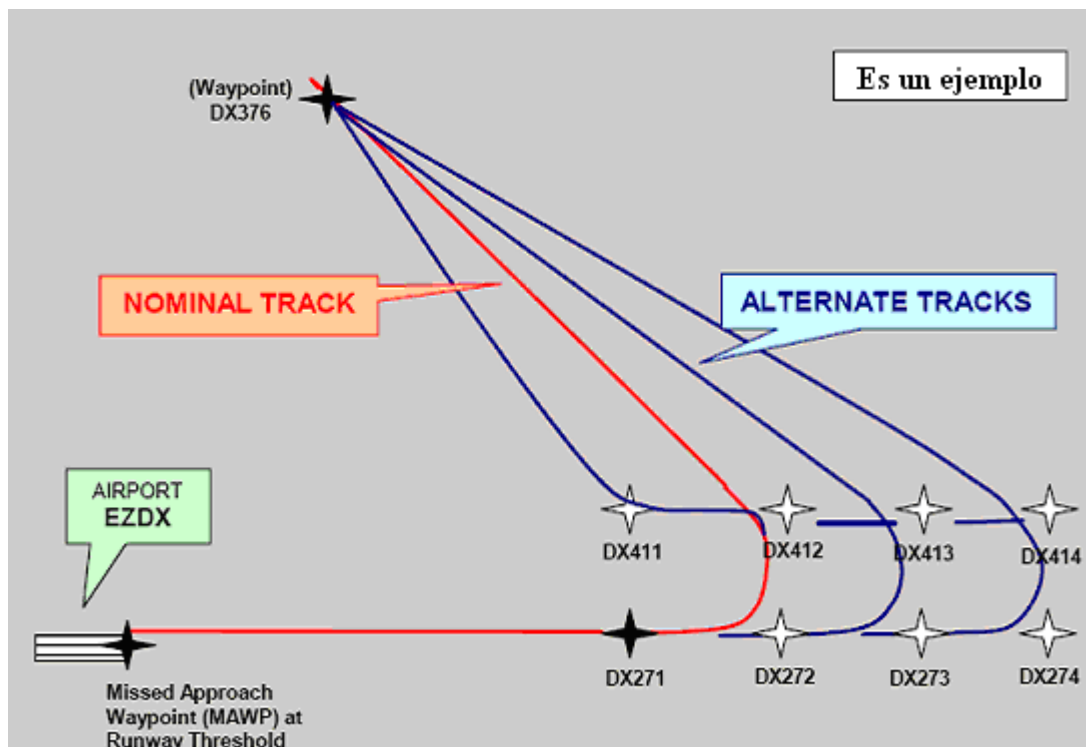


Figura 1.3.2.- Rutas RNAV dentro de un espacio terminal. [Ref. 4.1.2]

La reducción de la carga de trabajo producida por este tipo de navegación tiene como resultado un posible aumento de la capacidad en el espacio aéreo terminal. Ésto puede requerir una revisión a nivel de personal de ATC, funciones de los controladores y sectorización del espacio aéreo. La continuación con el entrenamiento apropiado en la redefinición de las rutas y las iniciativas de enseñanza pueden ser los caminos que faciliten la introducción de los procedimientos RNAV. [Ref. 4.1.2]

En operaciones de área terminal y en ruta no cabe duda de que RNAV eliminará algunas de las restricciones impuestas por los procedimientos no segmentados. En

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

algunas ocasiones esto será fundamental para eliminar conflictos entre operaciones de aproximación que incluyan aeropuertos adyacentes. Estas técnicas también contribuirán a añadir flexibilidad en el control de la huella de ruido en las operaciones del tráfico aeroportuario. Las aproximaciones IFR a pistas paralelas (tan cercanas como 760 m o menos) basadas en una mayor actualización SSR u otras técnicas de vigilancia y mejor presentación en la consola del controlador incrementarán la capacidad en dichas situaciones. El proceso de gestión del flujo supervisará los recursos de capacidad y demanda e implantará las necesarias estrategias para evitar excesivos niveles de congestión. El proceso táctico supervisará los movimientos de la aeronave para asegurar conformidad con el plan de vuelo e identificar y resolver problemas tales como las violaciones inminentes de separación y las incursiones de la aeronave dentro del espacio aéreo de uso especial. *Clearances* que incluyan posición y tiempo y el interfaz del enlace de datos ATM con las computadoras de gestión de vuelo serán las principales herramientas para asegurar que las restricciones ATM se satisfagan con una mínima desviación de las trayectorias preferidas por los usuarios.

Las nuevas tecnologías darán la oportunidad de obtener beneficios en las operaciones remotas y oceánicas. El principal objetivo es hacer que éstas sean más flexibles y en la medida de lo posible puedan acomodar las trayectorias preferidas por los usuarios. Estas operaciones harán un uso extenso del ADS, HF y comunicaciones digitales basadas en satélites, RNAV, mejoras en la predicción climatológica y CDM. Estas nuevas capacidades permitirán un encaminamiento flexible y modificaciones dinámicas en las rutas ante cambios climatológicos o condiciones de tráfico. La prestación de navegación consistente con valores RNP establecidos permitirá incrementar la capacidad a través de mínimos de separación en los ejes lateral y longitudinal. RVSM por encima de FL290 incrementará la capacidad. Una supervisión más precisa de la aeronave, incluyendo técnicas de supervisión de conformidad, permitirá asegurar la separación con la ayuda de sistemas de apoyo a las decisiones y sistemas de presentación visual.

Los sistemas RNAV tienen acceso a una sofisticada base de datos de navegación a bordo, conteniendo detalles de las rutas programadas previamente, el espacio aéreo a través del cual las pasan las rutas, las ayudas a la navegación y la salida, destino y

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

aeródromos. El sistema identifica el siguiente *waypoint* de la ruta planeada, selecciona la ayuda a la navegación más apropiada que determine la posición de la aeronave y proporciona generalmente entradas al *autopilot*.

Es posible que una ruta RNAV sea volada en desacoplo, ésto se produce cuando el sistema RNAV no se acopla con el *autopilot*. Las salidas de los sistemas RNAV mostradas en el FD o el CDI proporciona una adecuada indicación de los cambios inminentes que se produzcan en la ruta, altitud y velocidad para dar tiempo para responder al piloto. Como un procedimiento RNAV puede volarse con el *autopilot* acoplado o desacoplado de forma que tienen que diseñarse los procedimientos para acomodar ambos métodos.

Es la responsabilidad del estado el disponer de las radioayudas suficientes que permitan la realización de las distintas operaciones. Esto debe establecerse durante la fase del procedimiento de diseño y durante la fase de validación. Cualquier radioayuda que sea vital para la realización de un procedimiento específico debe ser publicada en el AIP. ATS debe asegurarse de que donde están publicadas las radioayudas de tierra están disponibles para ser usado como espacio aéreo RNAV, debe asegurarse también de que hay las suficientes ayudas para proporcionar la exactitud requerida de la posición de una aeronave dentro de ese espacio aéreo.

Es responsabilidad del operador del avión asegurarse de disponer de la certificación, la navegabilidad y los criterios de operaciones. En particular:

- El equipo RNAV de la aeronave debe mantener los niveles necesarios de exactitud, integridad, disponibilidad y continuidad.
- La tripulación debe estar entrenada para la realización de vuelos en el espacio aéreo RNAV.

El piloto es responsable de asegurarse que la aeronave está navegando con la exactitud prescrita. En particular, donde puede volarse un procedimiento GNSS, es responsabilidad del piloto determinar la integridad del GNSS en ese momento y de anticipar la disponibilidad de RAIM para el procedimiento planeado,

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

En las zonas donde primero se pusieron en servicio los sistemas RNAV, un determinado número de estados introdujo rutas RNAV donde había rutas convencionales, en particular en las áreas terminales. Ésto fue pensado para permitir a los operadores de aeronaves beneficiarse de las inversiones de los equipos RNAV permitiendo también su utilización de la forma convencional. Donde las operaciones RNAV se basan en los procedimientos convencionales publicados, son en el mejor de los casos una medida temporal y no proporcionan la flexibilidad y la capacidad que se puede esperar de los procedimientos RNAV normales. Donde la circulación se basa vectores radar, el uso de los procedimientos RNAV puede simplificarse de una manera considerable y puede conducir a un R/T reducido y a reducir también la carga de trabajo tanto del piloto como del controlador. [Ref. 4.1.3]

1.3.2.1.- INFRAESTRUCTURA DE NAVEGACIÓN

Se define infraestructura de navegación como el equipamiento de tierra o del espacio designado para el uso del espacio aéreo, junto con el equipamiento de abordó que requiere llevarse a bordo dentro de ese espacio aéreo. La infraestructura de navegación y la NAVAID disponible determinan la exactitud del sistema y por lo tanto los valores de $\frac{1}{2}AW$. Los sistemas necesarios actuales están detallados en el material apropiado de la JAA.

La cobertura que proporciona la infraestructura del DME se puede determinar usando un software tal como DEMETER, desarrollado para los estados de la ECAC por EUROCONTROL. Estos cálculos de cobertura usando una base de datos del terreno pueden identificar las NAVAIDS críticas. Los requisitos en cuanto a infraestructura, se refiere para el diseño RNAV mediante DME/DME se detallan en la Tabla 1.3.1.

Tabla 1.3.1- Infraestructura DME/DME requerida. [Ref. 4.1.3]

Sistemas de tierra	Al menos dos estaciones DME dentro de la cobertura máxima y entre 30° y 150°. Coordenadas WGS-84
--------------------	---

**Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a
MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)**

Sistema de abordó	<p>Sistema RNAV (con reversión automática de DME/DME al IRS actualizado, con guiado de curso positivo, si sólo están disponibles dos estaciones DME).</p> <p>Base de datos de la navegación que contiene los procedimientos y pueda cargarse automáticamente en el sistema RNAV.</p> <p>Funcionalidad de giro anticipado.</p>
-------------------	---

La infraestructura necesaria en un diseño RNAV basado en el GNSS Básico está detallado en la tabla 1.3.2.

Tabla 1.3.2 – Infraestructura requerida para GNSS básico. [Ref. 4.1.3]

Sistema del espacio	<p>Suficientes satélites que produzcan una cobertura con un HDOP [1.5, una elevación /5°, una exactitud media global del 99.97%]</p> <p>Coordenadas WGS-84.</p>
Sistema de abordó	<p>Cualquier GNSS clase A1/A2/B1/B2/C1/C2 con medios alternativos de navegación aprobados para IFR, o GNSS clase B3/B4/C3/C4 con medios alternativos de navegación aprobados para IFR y una integridad de monitorización equivalente a la obtenida con RAIM por el sistema de navegación.</p> <p>Base de datos de la navegación que contiene los procedimientos y pueda cargarse automáticamente en el sistema RNAV.</p> <p>Funcionalidad de giro anticipado.</p>
Sistema de tierra	<p>En caso de necesidad, procedimientos mediante NAVAIDs basadas en tierra.</p> <p>Apoyo GNSS Case B3/B4/C3/C4.</p> <p>Proporcionar aproximación basada en no-GNSS en el aeródromo de destino/alternativo.</p>

1.3.2.2.- OPERACIONES EN TMA

Sólo aquellas aeronaves equipadas con RNAV son capaces de mantener la derrota con una precisión lateral de ± 1 NM (2 veces la desviación estándar) y determinar su posición horizontal con una precisión suficiente que asegure el requisito de mantenimiento en su derrota y que dispongan de las funcionalidades y aprobación operacional correspondientes, pueden volar bajo reglas IFR procedimientos RNAV en área terminal, en estos procedimientos se excluyen los tramos de aproximación final y frustrada.

Las aeronaves equipadas con RNAV con capacidad para mantener la derrota con una precisión lateral de ± 5 NM (2 veces la desviación estándar) y capacidad de determinar su posición horizontal con una precisión suficiente que asegure el requisito de mantenimiento en su derrota y que dispongan de las funcionalidades y aprobación operacional correspondientes, designadas en adelante como de B-RNAV, pueden hacer uso de segmentos o rutas RNAV de salida y llegada cuando se cumplan los siguientes criterios:

- La parte B-RNAV de la ruta debe estar:
 - Por encima de la Altitud Mínima de Vuelo correspondiente (como Altitud Mínima de Sector, Altitud Mínima de Guía Vectorial Radar, etc.).
 - Debe estar de acuerdo con los criterios establecidos en los PANS-OPS de OACI (Doc. 8168 de OACI) para operaciones en ruta.
 - Debe estar conforme con los principios de diseño de rutas B-RNAV.
- Los procedimientos de salida deben ser convencionales (no-RNAV) hasta un fijo convencional (o una altitud mínima). Más allá de ese fijo (o altitud mínima) el procedimiento B-RNAV puede ser establecido de acuerdo con el criterio anterior.
- La parte B-RNAV de la ruta de llegada debe terminar en un fijo convencional de acuerdo con los criterios anteriores. Más allá de

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

ese punto la llegada será completada por un procedimiento convencional (no-RNAV) o por medio de vectores radar.

- Se deben tener en cuenta aquellos procedimientos operativos de ciertos usuarios que pueden afectar a la operatividad del sistema (como por ejemplo, posicionamiento inicial en pista, altitudes mínimas de acoplamiento del sistema automático de control de vuelo, etc.).
- Los procedimientos de llegada y salida que puedan ser volados por aeronaves B-RNAV estarán identificados explícitamente como aprobados para aplicación de B-RNAV.

Para cumplir con los requisitos B-RNAV, las aeronaves deben estar aprobadas de acuerdo con la JAA ACJ 20X4 (conocida anteriormente como JAA TGL No 2, revisión 1) o equivalente.

Las aeronaves equipadas con RNAV basada en GNSS pueden utilizar únicamente procedimientos RNAV designados GNSS y en los que se identifique que no se requiere aprobación P-RNAV para operar dichos procedimientos. Para cumplir con el requisito de RNAV basada en GNSS, las aeronaves deben estar aprobadas de acuerdo con la JAA ACJ 20X5 (conocida anteriormente como TGL No 3, revisión 1) o equivalente. La designación de procedimientos RNAV GNSS requerirá el cumplimiento de todos los requisitos que la autoridad competente determine, incluyendo los relativos a la infraestructura en tierra, de acuerdo con los estándares y acuerdos internacionales que les afecten, en particular la JAA ACJ 20X5. [Ref. 4.2.1]

1.3.3.- TIPOS DE SISTEMAS RNAV, SEGÚN EL SENSOR UTILIZADO:

Una aeronave equipada con RNAV puede calcular automáticamente su posición, con una o varias entradas, tales como VOR, DME, LORAN-C, GNSS, INS y IRS. Los sistemas RNAV con un sensor simple solo pueden usar una fuente de datos de navegación como son estaciones DME, mientras que los sistemas RNAV multisensor

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

analizan un número de radio-ayudas para determinar cual es la mejor fuente de navegación. [Ref. 4.3]

1.3.3.1.- DME/DME

El uso de sistemas DME/DME está en aumento y existe suficiente cobertura para todas las operaciones En-Ruta dentro de la ECAC. La aeronave debe encontrarse dentro de la cobertura de al menos dos DME. Los rumbos de la aeronave a los emplazamientos DME deben estar entre 30° y 150°. El área efectiva de las dos estaciones del DME es definida por la intersección de los siguientes círculos:

- Un círculo concéntrico en cada estación DME, de radio igual a la DOC de la estación.
- Dos círculos que pasen por ambas estaciones, de radio igual a la distancia (d) entre las dos estaciones DME.

Como se muestra en la figura 1.3.3, la cobertura varía con la altitud. También se puede apreciar que hay una zona de 1 NM no actualizada en el centro de cada estación DME.

El ejemplo de este tipo de navegación se ve reflejado en la figura 1.3.4 que muestra como una aeronave se sitúa en el espacio mediante las indicaciones de distancia de dos o más estaciones DME.

La exactitud de navegación depende de las tolerancias y limitaciones publicadas con cada estación DME. Una tercera estación DME proporcionará la capacidad de chequear la información y además será un respaldo en caso de fallo de alguna de las estaciones. [Ref. 4.1.3]

En los sistemas DME/DME no siempre es posible conocer cual es la estación que se está utilizando en el instante en el sistema de abordó. Sin embargo, el número y la localización relativa de la estación DME que el sistema de navegación RNAV puede utilizar, junto con la orientación de la ruta de la

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

aeronave, afectará a la exactitud del proceso de navegación. La tolerancia del sistema total puede reducirse si están disponibles las entradas de más de dos estaciones DME y pueden ser utilizadas por todos los sensores RNAV de abordó. En lugares donde no se garantizan las entradas de más de dos estaciones DME, la tolerancia del DME, se utiliza para calcular los valores de XTT y ATT, un factor de 1,29. Los estados pueden elegir aplicar el factor 1,29 a través de una tabla sin preocuparse de la disponibilidad de la NAVAID o el funcionamiento de los sistemas RNAV.

Los valores de XTT, ATT y $\frac{1}{2}$ AW se calculan poniendo los valores en el peor de los casos según las distintas fases de vuelo:

- Cuando hay solo dos estaciones DME disponibles.
- Cuando hay mas de dos estaciones DME disponible.

Esos valores se incluyen en la enmienda 10 del Doc 8168, una de estas tablas es la 2.2.11, las cuáles deben utilizarse sólo para procedimientos DME/DME RNAV y no para procedimientos RNP-RNAV.

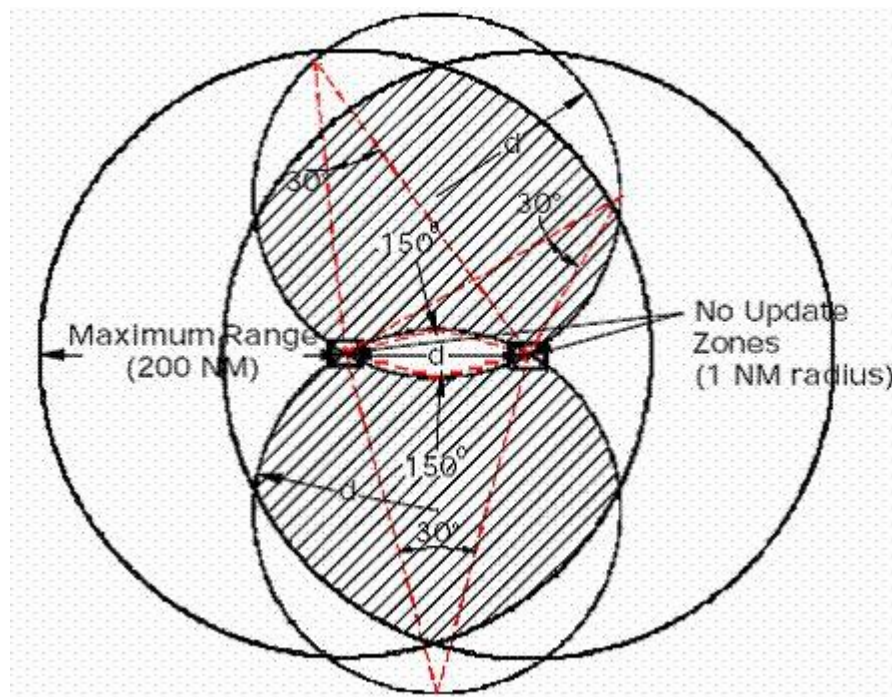


Figura 1.3.3.- Cobertura DME [Ref. 4.1.3]

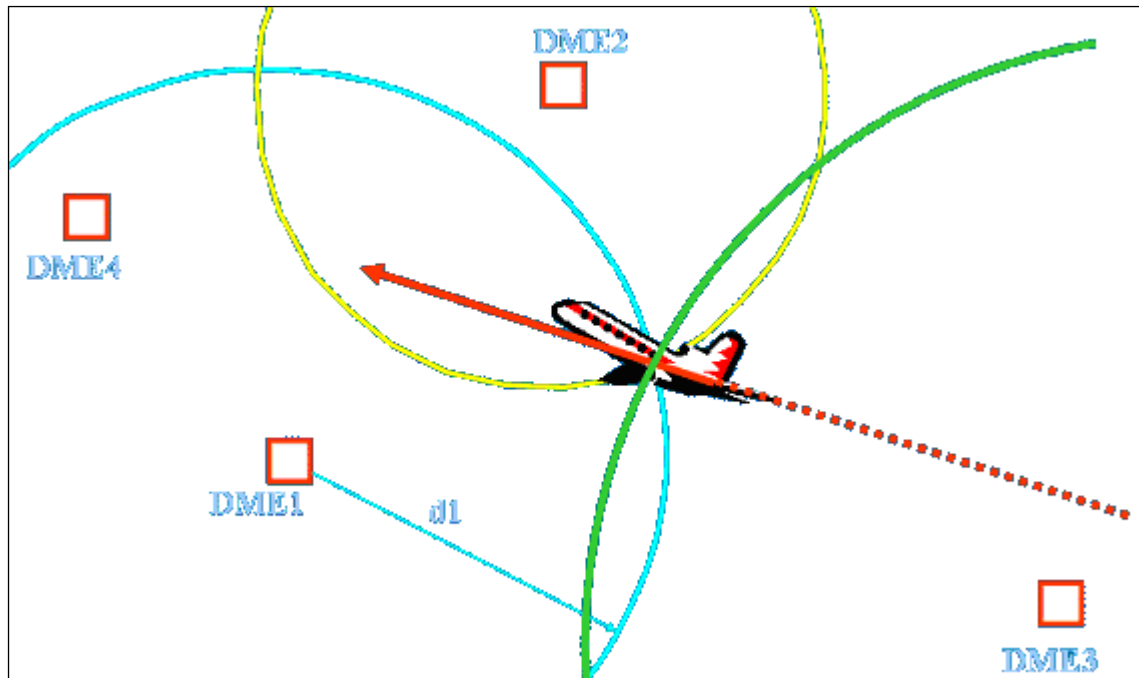


Figura 1.3.4.- Navegación de área DME/DME. [Ref. 4.1]

1.3.3.2.- VOR/DME

La aeronave debe encontrarse dentro de la cobertura del VOR/DME de referencia. La precisión del procedimiento dependerá de la distancia a la ayuda de referencia o cualquier limitación operativa de ésta. Este tipo de navegación se realiza de la forma en la que muestra la figura 1.3.5.

Cuando no hay cobertura DME/DME en todas las altitudes requeridas se puede utilizar VOR/DME siempre que haya cobertura desde estas estaciones. En general un entrada VOR/DME entre 10-15NM de la NAVAID proporcionará una posición fija utilizada para operaciones P-RNAV. El problema es asegurar que todos los sistemas RNAV utilicen la misma NAVAID. Por esta razón, cualquier decisión de confiar en una revisión VOR/DME como parte de un procedimiento terminal deber estar apoyado en un análisis de seguridad.

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

En los procedimientos RNAV basados en VOR/DME, la exactitud de la navegación está definida en términos de XTT y en ATT asociados con cada *waypoint*, basados en la posición de referencia de la NAVAID utilizada para el procedimiento. Esto se describe en la referencia [4.9] Vol. Part III Capítulo 31. Los valores de XTT, ATT y AW están detallados también el dicho documento.

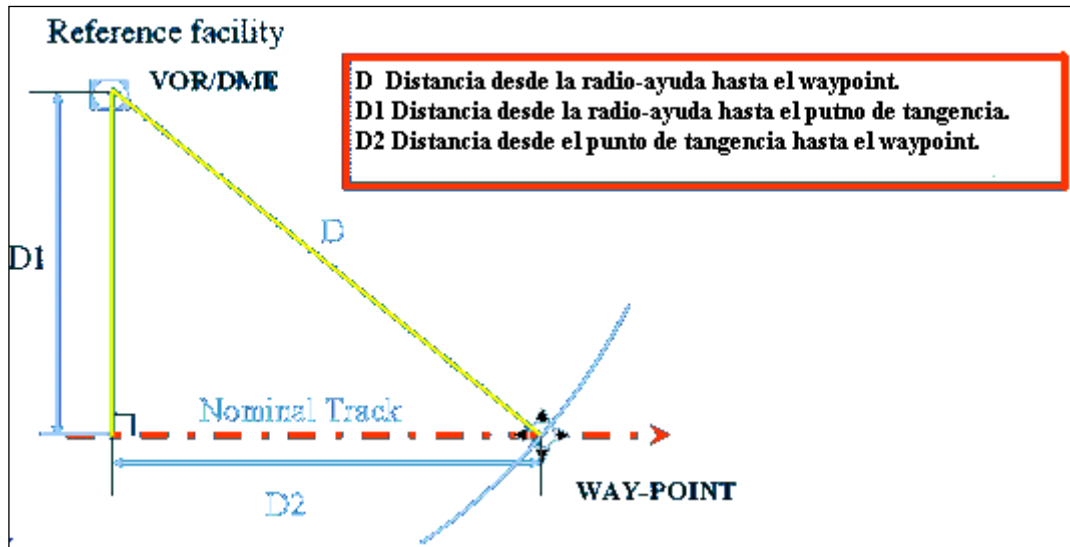


Figura 1.3.5.- Navegación de área DME/DME. [Ref. 4.1]

1.3.3.3.- INS

Es completamente autónomo e independiente de las ayudas a la navegación basadas en tierra. Después de introducir una posición inicial, es capaz de actualizar exactamente la posición, altitud y rumbo. Puede calcular la ruta y la distancia entre dos puntos, velocidad respecto a tierra e información del viento.

La exactitud del INS depende de la exactitud de la posición inicial programada dentro del sistema. Por lo tanto, la alineación del sistema antes del vuelo es muy importante. La exactitud es muy alta inicialmente, con el tiempo el error aumenta con un factor de 1-2 NM por hora. Las actualizaciones de la posición se pueden lograr en vuelo usando referencias basadas en tierra con entrada manual o por actualización automática usando entradas múltiples de DME o de VOR. [Ref. 4.3]

1.3.3.4.- GNSS

GNSS es definido por la OACI como el sistema de navegación para el futuro. El sistema global de navegación por satélite abarca actualmente: el estadounidense GPS y el ruso GLONASS, de propiedad militar se encuentran disponibles para el servicio de la aviación civil internacional, y además se calcula que para antes del 2010 estará a la disposición un tercer sistema operativo, el Galileo. Son necesarios tres satélites, con la adecuada elevación y una conveniente geometría respecto al receptor, para determinar la posición en dos dimensiones. Se necesitan cuatro satélites para conocer la posición en tres dimensiones. (Véase figura 1.3.6)

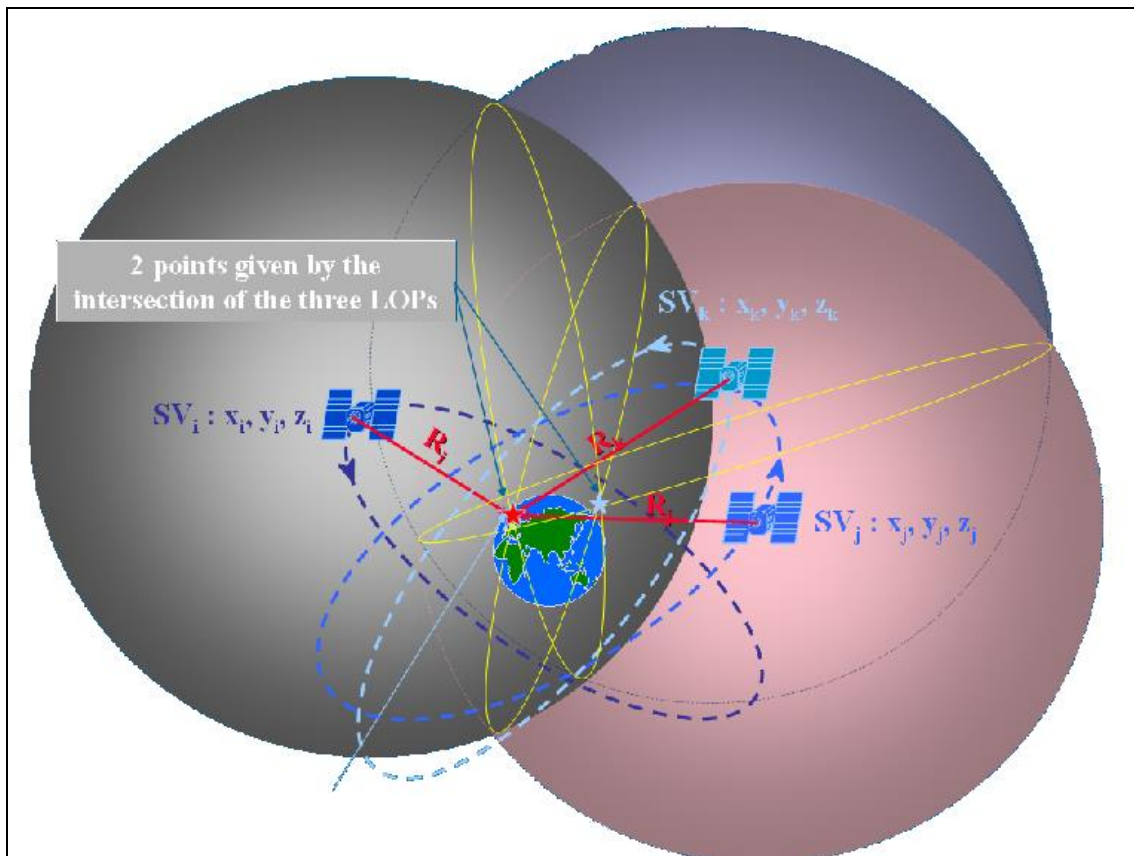


Figura 1.3.6.- Navegación mediante GNSS

Un sistema de navegación global por satélite, tal como el NAVSTAR GPS, el GLONASS o el Galileo, necesitan una constelación de al menos veinticuatro satélites, en una órbita aproximada de 11.000NM sobre la tierra,

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

para proporcionar cobertura global. Funciona como se describe a continuación [Ref. 4.1.3]:

- a) Cada satélite emite al mismo tiempo una señal con un mensaje de datos. El receptor calcula una posición y una velocidad basadas en el tiempo empleado por las señales en llegar desde los satélites que están a la vista. El mensaje de datos incluye detalles de la órbita del satélite, servidumbre y exactitud, así como la diferencia entre UTC y el tiempo usado por el sistema de posicionamiento del satélite.
- b) El sistema de posicionamiento del satélite está referenciado por el ITRF. Esto es más exacto que, pero compatible con, el WGS-84 Datum, WGS-84 ha estado en uso como estándar global de ICAO desde 1998.
- c) Se necesitan tres satélites para fijar la posición en dos dimensiones (latitud/longitud) y cuatro para tres dimensiones (latitud/longitud/altitud). El satélite adicional se necesita para determinar el tiempo GPS. La exactitud depende si la geometría de los satélites que están a la vista, respecto al receptor. Según el departamento de defensa de los Estados Unidos, el GPS SPS Performance Standard, de octubre de 2001, el gobierno de los Estados Unidos proporciona en el peor de los casos una exactitud de [36m horizontalmente y [77m verticalmente para el 95% del tiempo en cualquier lugar dentro del volumen de servicio. En general, se puede esperar un funcionamiento del GPS de [10m horizontalmente y [20m verticalmente.
- d) La constelación es monitorizada desde tierra y las interrupciones de los satélites se informan a través de un mensaje de datos. Sin embargo, debido a un muestreo limitado y al hecho de que el departamento de defensa de los EE.UU. supervisa sólo el PPS, y no SPS, a tiempo real, puede ser unas horas antes de que el usuario esté enterado del mal funcionamiento del sistema. Tales retrasos pueden pasar de una hora. Existen dos métodos dentro del equipo de abordaje para tratar el problema y mejorar la integridad de la señal de navegación: RAIM y AAIM. Ambos métodos están clasificados como ABAS.

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

- Se necesitan cinco satélites para realizar la función RAIM a demás de una solución 3D. Un sexto satélite se necesita para aislar un satélite que esté fallando y sacarlo de la solución de navegación (función FDE). Donde el receptor utiliza altitud barométrica para aumentar la función RAIM, el número de satélites necesarios puede reducirse a uno, siendo la geometría apropiada. Pues la disponibilidad de seis satélites es menos del 100%, la función RAIM (incluyendo FDE) puede ser interrumpida. Esa interrupción se puede predecir utilizando la información de las efemérides de los mensajes de datos junto con Nanas y NOTAMs de interrupciones previstas.
- Donde un receptor de satélites produce a un sistema de navegación integrado, la función RAIM se puede realizar por el sistema receptor o el sistema de navegación multisensor puede incluir la funcionalidad AAIM para asegurar el nivel de integridad equivalente al producido por RAIM. Esto implica normalmente el uso del IRS.
- Las soluciones de navegación del ABAS se utiliza sólo para LNAV. La entrada de un IRS se podría utilizar para realzar la solución vertical pero no se da ningún crédito actualmente en la aprobación operacional. Los receptores del GPS utilizados en ABAS deben resolver los requisitos de TSO C 129^a.

Nota: La probabilidad de un error excesivo de la posición debido a un fallo es una función del porcentaje de averías de todas las señales (satélites) que están a la vista (10^{-4}) y la probabilidad de fallos no detectados. RAIM se puede detectar generalmente el 99,9% de los fallos y, por lo tanto la integridad total se considera ser de $10^{-7,46}$. No se han definido ningún estándar de funcionamiento para AAIM.

Para la navegación satelital (GNSS), se usa en la actualidad básicamente la constelación satelital GPS como medio principal para obtención de la señal

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

guía para navegación. Este sistema en el estado actual en que se encuentra para uso civil, no cumple con los requisitos de exactitud, integridad, continuidad y disponibilidad de servicio establecidos por la OACI, que garanticen los niveles adecuados de seguridad aérea en la aviación civil.

Para corregir estas deficiencias y mejorar la calidad del servicio en términos de exactitud, integridad, continuidad y disponibilidad se han creado aumentaciones para el sistema, denominadas: SBAS, GBAS y ABAS.

GPS y GLONASS deben proporcionar la cobertura necesaria durante el 96,9% del tiempo, en la peor situación posible, en o cerca de la tierra. La gama de disponibilidad se calcula desde un 99,85%, para el promedio global, hasta el 83,92% para la peor situación puntual en el caso de ser el peor día. El grado de exactitud va del 99,97%, para el promedio global, y el 99,79% para el promedio de un simple punto.

Hay 3 clases básicas (A, B y C) de equipamiento GNSS y cada clase se divide además en otras subclases (Aproximación de no precisión con capacidad RAIM, aproximación de no precisión, no aproximación con capacidad RAIM, aproximación de no precisión sin capacidad RAIM y no aproximación sin capacidad RAIM).

El sistema de navegación por satélite puede ser aumentado, para conseguir un nivel más alto de exactitud, integridad y continuidad de servicio mediante la utilización de un sistema SBAS tal como el estadounidense WAAS, el japonés MSAS y el EGNOS.

Un SBAS consiste en un número de satélites (GEO) y una red de estaciones terrestres. Un SBAS proporciona:

- El transpondedor del SBAS lleva información adicional extendida basada en los GEO.
- Información del estado de los satélites GPS que están a la vista.

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

- Correcciones basadas en errores observados del reloj y las efemérides en los satélites que están a la vista.
- Correcciones para tener en cuenta los efectos ionosféricos.
- Información de la variación del reloj, efemérides y correcciones ionosféricas.

EGNOS funciona como se describe a continuación:

- 33 RIMS, cada uno contiene 2 o 3 receptores GPS/GLONASS/GEO independientes y un reloj atómico, midiendo la posición de los satélites (GPS/GLONASS/GEO) y supervisa las transmisiones desde los satélites del GPS. Los datos sobre cada satélite y los detalles de anomalías detectadas, son enviados al MCC vía VPN.
- Las 4 MCCs compaginan los datos recibidos, supervisan la integridad del GPS y determinan los errores causados por las orbitas, los relojes y las perturbaciones ionosféricas. Los mensajes de corrección y las banderas de integridad del SBAS para cada satélite de la constelación o para cada rejilla supervisada de la constelación, se envían luego a las estaciones uplink, conocidas como NLES. La situación de las estaciones terrestres se muestran en la figura 1.3.7.
- Las 3 NLES activas, fuera de un total de 7 NLES operacionales, transmiten las correcciones y las banderas de integridad del SBAS, o mensaje WAD, junto con la sincronización de señales GPS-like al segmento espacial del EGNOS, situado en 3 GEOs.
- El segmento espacial del EGNOS consiste en un transpondedor llevado a bordo del GEO INMARSAT III AOR-E, GEO INMARSAT IOR y GEO ESA ARTEMIS. Los 3 GEOs retransmiten el mensaje WAD junto con las señales GPS-like. La cobertura proporcionada por los GEOs se muestra en la ilustración de la figura 1.3.8.

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

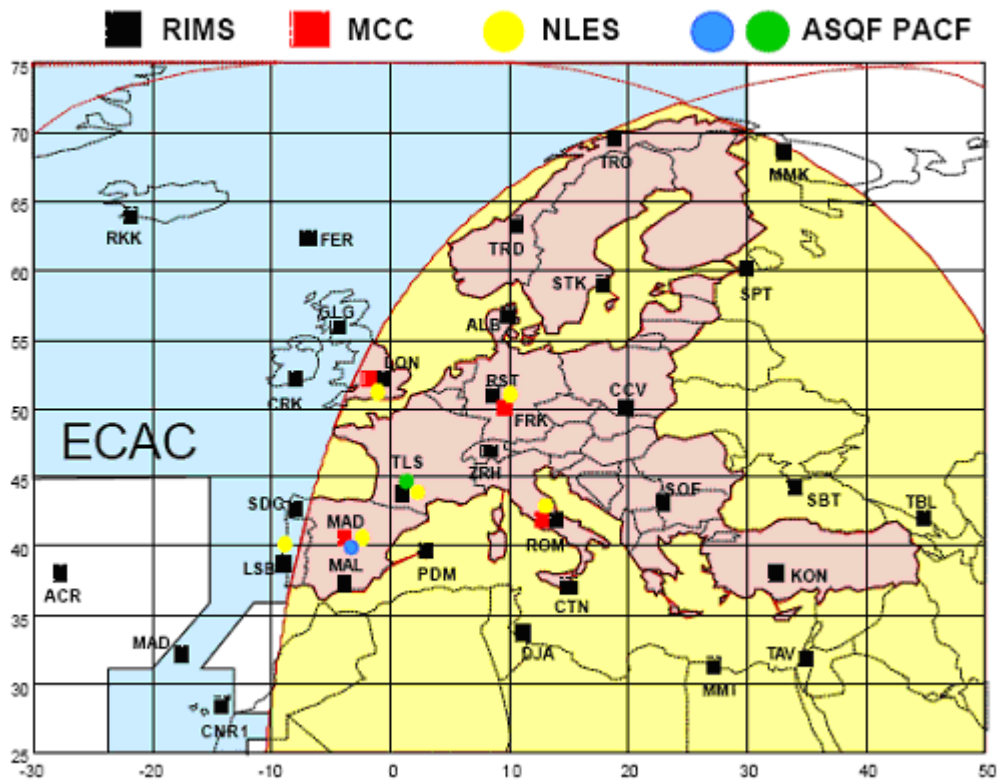


Figura 1.3.7.- Segmento de tierra del EGNOS

- El receptor SBAS aun necesita tres satélites para fijar una posición en dos dimensiones (latitud/longitud), y cuatro para tres dimensiones (latitud/longitud/altitud). La exactitud del punto depende de la geometría de los satélites que se encuentren a la vista, respecto al receptor, y el tipo de satélite (GEOs es menos exacto que esos en la constelación GPS). Sin embargo, como el receptor SBAS puede utilizar entradas adicionales que se extienden de los GEOs y puede aplicar las correcciones obtenidas de los mensajes WAD, debe tener normalmente una exactitudes horizontales de ± 3 metros y verticales de ± 5 m. La diferencia principal entre SBAS y GPS está en el nivel garantizado de servicio (integridad, continuidad y disponibilidad) proporcionada por el EGNOS en comparación con el GPS estadounidense.

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

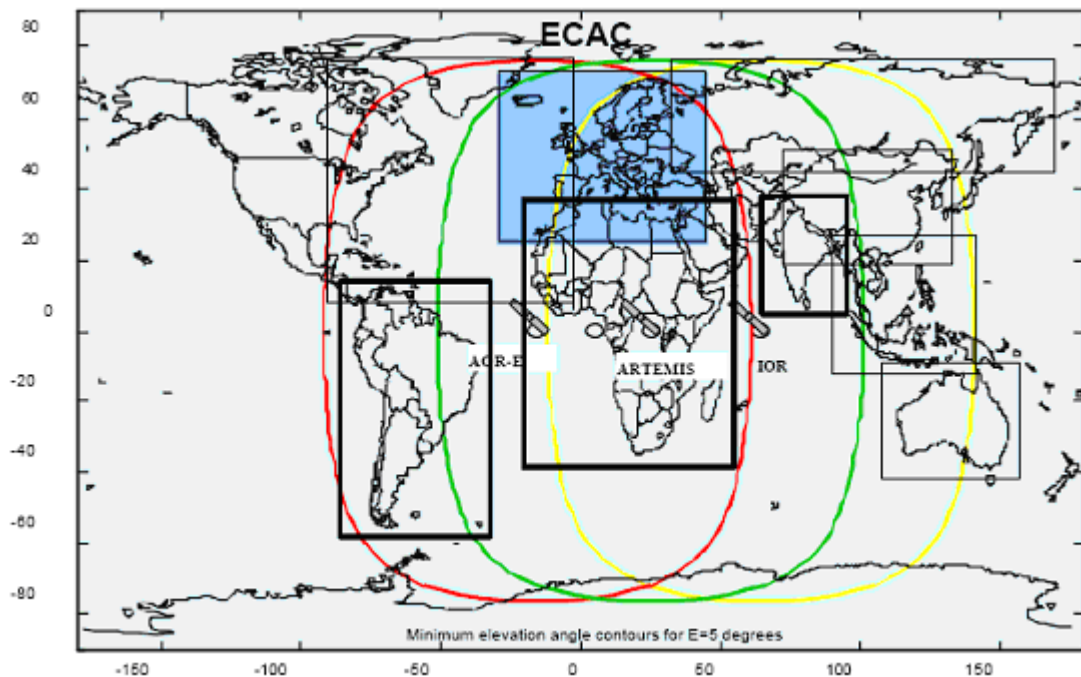


Figura 1.3.8.- Cobertura GEO

- El sistema de integridad se calcula por el receptor SBAS mediante la utilización de UDRE y el ULRE transmitido por el SBAS junto con las salidas de los cálculos de la geometría del satélite transmitidos por el receptor. El tiempo transcurrido entre el fallo de un satélite a la vista del RIMS y la transmisión de la bandera de integridad apropiada no debe exceder de 6 segundos.

Nota: La probabilidad de un error de la posición excesivo a causa de un fallo es una función del porcentaje de averías de todas las señales (satélites) a la vista (10^{-4} fallos por hora) y la probabilidad de fallos no detectados. La probabilidad de un fallo de un satélite no siendo detectado por SBAS es de 10^{-7} . Sin embargo, SBAS no puede detectar efectos como el *jamming* o el efecto multi-trayectoria. *Jamming* puede ser detectado utilizando un receptor/monitor local terrestre pero éste no ayudaría contra el efecto multi-trayectoria. RAIM se podría utilizar para contrarrestar ambos y se podría esperar detectar el 99,9% de tales fallos. La probabilidad de que se produzcan efectos locales y no sean detectados por SBAS, o por el monitor local, o por inspecciones en vuelo, no ha sido cuantificada.

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

En SBAS, la función RAIM puede operar en un satélite mediante un satélite básico identificar fallos del receptor y multi-trayectoria. No puede utilizarse para identificar algún fallo común que afecta simultáneamente a múltiples correcciones. Cuando el SBAS no está disponible, se utiliza RAIM, como en receptores del GPS, para supervisar la consistencia de la extensión de los datos recibidos. Los estándares existentes no indican claramente que todos los receptores SBAS usaran RAIM cuando SBAS está operativo y hay peligro que algunos fabricantes activen la función RAIM cuando el SBAS no esté disponible.

El sistema de navegación por satélite puede también ser aumentado mediante GBAS tales como el estadounidense LAAS. El GBAS consiste en unos subsistemas terrestres situados en un aeródromo, o en las proximidades de un aeródromo, éste transmite diferentes correcciones por VHF a los subsistemas de a bordo de las aeronaves. El subsistema de abordaje utiliza esas entradas y el GPS computa una solución de navegación que puede ser utilizada para operaciones de aproximación de precisión.

El receptor GBAS puede utilizar extensión de datos desde algún GEO visible para suplementar el cálculo. El receptor GBAS es también capaz de generar mensajes posición/velocidad/tiempo (PVT) que pueden utilizarse para aumentar las operaciones RNAV fuera de la fase de aproximación final. Las aumentaciones GBAS, posee un carácter local por sus características técnicas de transmisión de corrección por VHF (línea de vista) y están enfocadas principalmente a suplir los servicios que no se alcanzan a través de las primeras como son: aproximaciones CAT I para aeropuertos de alto volumen de tránsito, CAT II y CATIII. A través de la utilización de sistemas GBAS como señal guía para navegación, nos permitirá tomar ventaja de las posibilidades adicionales que brinda el GNSS tales como: flexibilidad en la elaboración de procedimiento de aproximación, posibilidad de brindar aterrizaje por instrumentos en todas las cabeceras de las pistas de los aeropuertos en un radio de 30 MN con un solo sistema, navegación de superficie en aeródromo, disponibilidad de guía de navegación hasta puentes de abordaje, etc.

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

Para la utilización del sistema GNSS no aumentado (GPS, GLONASS) se adelanta un proyecto para elaboración de procedimientos que permitan volar con estos sistemas en las fases de ruta y aproximaciones NPA ya sea como suplementario, primario o único dependiendo de la densidad de tránsito, necesidades de optimización de rutas o deficiencias de sistemas convencionales para prestación del servicio de navegación. Los receptores GNSS correspondientes, para poder volar estos procedimientos deberán contar con sistemas de aumentación ABAS certificados que brinden niveles óptimos de integridad para su utilización. [Ref. 4.4]

1.3.3.5.- LORAN C:

Es un sistema hiperbólico que opera de los 90 a 110 kHz en la gama de frecuencias, es utilizado por la marina y por la navegación aérea en lugares donde existe una cobertura apropiada. El sistema se basa en la medida diferencial del tiempo que tarda en llegar los pulsos de la señal a un grupo o cadenas de estaciones. Una cadena consiste en una estación maestra con un máximo de cuatro estaciones secundarias con todas las señales sincronizadas con la estación maestra. El LORAN-C recibe medidas de tiempo diferencial entre la maestra y al menos dos secundarias que proporcionan una posición fija.

En la tabla 1.3.3 aparece una lista de las diferentes actuaciones requeridas que puede alcanzar en la actualidad LORAN-C (incluyendo una corrección del terreno llamada la ASF) y que está disponible si debiera aplicarse una modificación de identificación.

Tabla 1.3.3.- Actuaciones actuales y futuras del LORAN-C en comparación con la RNAV estándar.

Función RNAV	B-RNAV	P-RNAV	RNP5 RNAV	RNP1 RNAV	RNP0.3 RNAV
Exactitud el 95% del tiempo	5 NM	1 NM	5NM	1NM	0.3 NM
Actuales capacidades de Loran-C	Si	Si	Si	Si	NO

**Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a
MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)**

Capacidades futuras de Loran-C	Si	Si	Si	Si	Si
Función RNAV	B-RNAV	P-RNAV	RNP5 RNAV	RNP1 RNAV	RNP0.3 RNAV
Integridad del sistema (por hora de vuelo)	No disponible	No disponible	10^{-5}	10^{-5}	10^{-5}
Actuales capacidades de Loran-C	No disponible	No disponible	NO	NO	NO
Capacidades futuras de Loran-C	No disponible	No disponible	NO	NO	NO
Continuidad de la función (fallo por hora)	10^{-4}	10^{-5}	10^{-5}	10^{-5}	10^{-5}
Actuales capacidades de Loran-C	Si	NO	NO	NO	NO
Capacidades futuras de Loran-C	Si	Si	Si	Si	Si

Nota: Si: El sistema alcanza los requisitos o debe alcanzar los requisitos con las modificaciones propuestas.

NO: Hasta la fecha no se dispone de ninguna evidencia de que el sistema alcance los requisitos(o pueda alcanzar los requisitos).

La tabla 1.3.3 muestra que actualmente LORAN-C (incluyendo corrección ASF) sólo es capaz de alcanzar B-RNAV debido a la continuidad. Sin embargo, no se da ninguna figura explícita para la continuidad del LORAN-C. Fue estimada mediante el ratio entre MTTR y el MTBF y se encontró un valor de aproximadamente 10^{-4} . Sin embargo este valor ha sido determinado desde MTTR y el MTBF sólo para el lado de tierra. No se encuentra disponible ninguna información en los sistemas de abordó y otros estudios consideran necesario obtener más datos reales en dichos sistemas de abordó.

En la actualidad no hay suficiente redundancia de equipos de estaciones LORAN-C para el uso de la aviación. El uso de toda la nueva visión de receptores en la aeronave en lugar de los sistemas que requieren transmisiones

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

específicas de una “cadena” para ser operado con los mismos resultados con un total incremento en la continuidad de la función y en la que podría alcanzar el funcionamiento requerido (10^{-5}) con los futuros sistemas LORAN-C. Debería notarse que siempre se pensó que la RNP RNAV MASPS no define el cumplimiento en términos de disponibilidad de sistemas, la disponibilidad de los sistemas LORAN-C, dado por el actual operador del NELS, es del 99,7% para 3 estaciones y del 99,9% por estación individual. Aquí otra vez el dato debe ser tratado con precaución ya que ellos están sólo basados en las consideraciones del segmento de tierra que no tienen porque ser válidas para el uso aeronáutico.

Actualmente la exactitud del sensor LORAN-C es de 460m (o 0,25NM) usando correcciones ASF a las medidas de cobertura.

Basándose en las definiciones de exactitud RNP RNAV, LORAN-C actualmente alcanza la exactitud requerida hasta e incluyendo RNP 1.0RNAV.

La exactitud del sistema LORAN-C dependen del tiempo de sincronización de las estaciones de tierra, de la estabilidad de la señal transmitida, de la disponibilidad y del uso correcto del ASFs y del número y localización de las estaciones de tierra.

La localización de las estaciones de tierra así como el número y la densidad de sitios transmisor se podían mejorar, conduciendo a una extensión de la cobertura para proporcionar la exactitud requerida.

El aumento del número de transmisores debe hacer posible proporcionar unos niveles de cobertura con una exactitud de 185m (ASF incluido) para limitados volúmenes de cobertura, tales como TMAs. Dando un incremento suficiente en el número de estaciones transmisoras para soportar el área entera de la ECAC, está previsto que LORAN-C esté disponible para soportar RNP 0,5 a través de la ECAC y RNP 0,3 en áreas de cobertura local tales como áreas terminales, sin embargo, la densidad de sistemas de tierra necesaria para alcanzar esta exactitud no ha sido considerada en este estudio.

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

Las imprecisiones del sistema LORAN-C son principalmente atribuibles a la distancia de la estación de tierra, a la geometría del receptor en relación a la línea base del transmisor de tierra y a las propagaciones anómalas asociadas a la superficie de la tierra.

Debido a la buena exactitud del LORAN-C donde se tiene potencia suficiente de la señal, es utilizado para realizar aproximaciones de no precisión. Muchos receptores LORAN-C son utilizados en aviación general sólo para vuelos VFR. Los equipos aprobados para vuelos IFR deben estar indicados en la aeronave o en el libro de vuelo. Es responsabilidad del piloto comprobar el estado de la aprobación del equipo instalado de LORAN-C para vuelos IFR antes de comenzar dicho vuelo.

La integridad del segmento de tierra del LORAN-C se asegura actualmente con el *blink system*, en el que el receptor está informado de una pérdida de la integridad del sistema mediante un cambio distintivo en los primeros dos pulsos de la señal. La operación de un *blink system* se utiliza para esos momentos para los que el sistema de tierra del LORAN-C puede enviar información engañosa.

El actual *blink system* funcionado dentro del ambiente NELS es un sistema manual completo. Todas las medidas del *blink system* se hacen independientes del transmisor y el sistema de medida es completamente redundante.

Los requisitos RNAV para la integridad de los sistemas están basados en la probabilidad de producir información de navegación errónea. Más específicamente, la integridad se define como la probabilidad de que la señal de navegación esté fuera de tolerancias aceptables, pero que una alarma no se produzca en el tiempo suficiente.

Debe ser tenido en cuenta también que los requisitos de integridad para la RNAV son requisitos para el sistema de navegación entero. La integridad de los segmentos de tierra del LORAN-C son sólo una parte del sistema y la integridad del sistema total por lo tanto depende de otros elementos tales como el FMS y el segmento de abordaje del LORAN-C.

Se observa que el retraso que se produce entre un error ocurrido y el indicativo del *blink system* el error recibido puede ser tan alto como 60 segundos en los sistemas manuales actuales; esto puede no ser aceptable para la aviación. Alternativamente el *automatic blink systems* podría tener un tiempo de alerta inferior a diez segundos.

En resumen, no hay medidas disponibles de la total integridad de los sistemas LORAN-C. Se necesita un análisis completo para determinar cual es el nivel actual de integridad. [Ref. 4.1.6]

1.3.4.- PRNAV:

1.3.4.1.- INTRODUCCIÓN:

La P-RNAV son los requisitos aprobados para la aeronave y el operador introducidos en los procedimientos RNAV en el espacio aéreo terminal de la ECAC. Los procedimientos del espacio aéreo terminal que requieren de la aprobación de P-RNAV se diseñan permitiendo que se aseguren los principios comunes para que el proceso de diseño y ejecución sean completamente compatibles. Además de que la P-RNAV necesita mínimos que proporcionen los requisitos funcionales apropiados para las operaciones RNAV del espacio aéreo terminal, la aprobación de la P-RNAV incluye los requisitos en cuanto a la integridad de los datos y a los procedimientos del equipo de vuelo. Es decir, la P-RNAV permite que las operaciones del espacio aéreo terminal que son constantes en varios estados de la ECAC, basados en los principios de diseño de procedimientos y capacidades de la aeronave, resuelvan los requisitos.

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

En otras palabras la P-RNAV permite realizar operaciones basadas en un sistema común de diseño y operación, asegurando niveles constantes de seguridad del vuelo.

1.3.4.2.- DESCRIPCIÓN:

La navegación de área de precisión se está introduciendo para operaciones RNAV en el espacio aéreo terminal. Para ello se requiere que las aeronaves estén equipadas con sistemas que permitan una exactitud de $\pm 1\text{NM}$ durante al menos el 95% del tiempo, junto con una avanzada funcionalidad, y una alta integridad en las bases de datos de navegación. La capacidad P-RNAV se puede alcanzar mediante el uso de entradas DME/DME, GNSS y/o INS.

Los procedimientos P-RNAV son diseñados, validados y comprobados en vuelo mediante un mismo criterio. Todos los aviones serán certificados con los mismos criterios y tendrán la misma capacidad funcional. Además, los procedimientos ATC y la fraseología R/T deben ser estándar. Este tipo de aproximación permitirá a todos los aviones rutas en el área terminal, exactas y constantes.

En el área de la ECAC no se prevé un amplio mandato para la implantación de la P-RNAV. Sin embargo al menos los estados europeos introducirán requisitos P-RNAV progresivamente para procedimientos RNAV terminales. Antes de noviembre del 2004, se esperaba que los procedimientos de RNAV de la mayoría de los espacios aéreos terminales europeos utilicen P-RNAV. Y para todos los espacios aéreos terminales antes de abril de 2005. Los procedimientos terminales convencionales seguirán disponibles. El B-RNAV será limitado a procedimientos RNAV sobre el MSA que se diseñen de acuerdo con las rutas principales.

El uso del equipo RNAV aprobado para P-RNAV será en el área terminal.

La P-RNAV aportará una importante contribución a la seguridad mediante la introducción de rutas de vuelo predictivas y repetitivas para todo tipo de aviones con:

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

- Procedimientos de aproximación diseñados con los sistemas de parámetros convencionales.
- Aviones volando continuamente esos parámetros.
- Pilotos y controladores con el mismo conocimiento de la trayectoria de vuelo prevista.

La mayoría de aviones modernos cumplen con los requisitos de navegabilidad para P-RNAV basándose en los criterios de TGL10. ATS y la autoridad del espacio aéreo tendrán en cuenta estos criterios antes de publicar ningún procedimiento P-RNAV.

Los operadores necesitarán proporcionar entrenamiento a los pilotos, revisar los SOP, y pueden necesitar actualizar el MELs de la aeronave para aportar una suma de calidad a los procedimientos P-RNAV.

Los operadores deben probar la actualización de la tabla de conversión magnética, llevada en el FMS o en el equipo RNAV. Las tablas de conversión anticuadas pueden dar rumbos inexactos que produzcan unos errores de pista inaceptables.

Mientras que el nivel de exactitud y minuciosidad de la fuente del material del cual depende la base de datos, es responsabilidad del Estado, los que proporcionan las bases de datos comerciales tienen la responsabilidad de asegurar la reproducción de la fuente de datos.

La aprobación de la base de datos de navegación se obtendrá cumpliendo con la normativa expuesta en el documento ED 76/DO-200A de EUROCAE/RTCA, estándares para el procesamiento de datos aeronáuticos. Hasta que tal aprobación esté disponible, antes de que la aprobación de la base de datos sea efectiva, como mínimo, el operador debe poner a prueba la integridad del software utilizado o los procedimientos manuales aprobados, para verificar los datos relativos al waypoint por debajo del MSA. Los documentos que proporcionan la aprobación están disponibles desde antes de 2004.

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

Es necesario que el operador del avión disponga de una autorización del estado responsable que le de la conformidad de que su aeronave dispone de las certificaciones de navegabilidad y los requisitos necesarios para realizar dicha operación. La aprobación debe obtenerse antes de la comenzar las operaciones P-RNAV. [Ref. 4.1.4]

1.3.4.3.- BENEFICIOS:

El uso de la RNAV en el espacio aéreo terminal de la ECAC está caracterizado por variaciones nacionales y/o locales hacia unos requisitos específicos. Mientras que estas variaciones hayan sido aprobadas por las autoridades nacionales (generalmente para el uso nacional), la variedad de aprobación de requisitos operacionales nacionales y procedimientos ATC nacionales implican una cierta seguridad desde la perspectiva de la ECAC.

La consistencia producida en el área de la ECAC por el uso de la P-RNAV realzará la seguridad en los direccionamientos del espacio aéreo terminal, en particular:

- Navegabilidad común y la aprobación operacional.
- Procedimientos ATC comunes.

Dando a la ECAC una consistencia debido al uso de las aplicaciones comunes P-RNAV, la ausencia de aplicaciones nacionales RNAV significa que los procedimientos RNAV del área terminal estarán disponibles para todos los operadores no sólo para los nacionales.

Más allá de las ventajas en cuestión de seguridad que proporciona la P-RNAV significa que es necesario menos espacio aéreo para acomodar los procedimientos de área terminal en P-RNAV. Se pueden obtener beneficios ambientales y en cuanto a capacidad, ejemplos son los diseños de las SIDs/STARs pueden ser diseñadas para acomodar diversos requisitos medioambientales para operaciones de noche y de día. Así como también numerosos beneficios para las compañías aéreas por el ahorro de combustible

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

que genera el realizar rutas más directas. Las ventajas también afectarían al cliente ya que realizaría los mismos trayectos en menos tiempo.

Visto desde una perspectiva estratégica europea, la aplicación de la P-RNAV en el espacio aéreo de la ECAC debe ser visto como un paso pragmático hacia el uso de RNP RNAV que será la base de los procedimientos RNAV del área terminal en el futuro. [Ref. 4.1.1]

CAPÍTULO 2: DISEÑO

2.1.- TMA DE MADRID:

De acuerdo con la OACI, un TMA es un área de control situada en la confluencia de las rutas que se dirigen a uno o más aeropuertos. La finalidad del TMA es, realizar una asignación adecuada de las cases de espacio aéreo definidas por ATC, para aportar la mejor seguridad para tráfico IFR y VFR.

2.1.1.- DESCRIPCIÓN. LÍMITES, CTR'S, VFR CORREDORES. LED, LER, LEP:

- El TMA de Madrid está limitado por la unión de los siguientes puntos [Ref. 4.2.2] :
 - 41°20'00''N / 003°31'00''W.
 - 41°29'30''N / 002°38'00''W.
 - 41°27'00''N / 002°30'00''W.
 - 40°48'14''N / 002°30'00''W.
 - 40°49'39''N / 002°06'00''W.
 - 40°05'30''N / 002°06'00''W.
 - 40°01'30''N / 002°14'00''W.
 - 40°00'00''N / 002°34'30''W.
 - 39°44'00''N / 002°36'00''W.
 - 39°44'00''N / 004°06'00''W.
 - 40°02'00''N / 004°26'14''W.
 - 40°23'45''N / 004°20'49''W.
 - 40°59'42''N / 003°50'07''W.
- **CTR.** Es una región de espacio aéreo controlado que se extiende desde la superficie de la tierra hasta un límite superior especificado:

Espacio comprendido entre los límites de las zonas siguientes:

- a) Dos zonas circulares secantes de 6,5 NM de radio con centros en 402820,0294N 00333339,4034W (Madrid/Barajas AD) y 402912,5N

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

0032729,9W (Base Aérea de Torrejón) unidos por sus tangentes comunes.

b) Circunferencia de 5 NM de radio con centro en 401738,9N 0034325,8W (Madrid/Getafe AD), excepto la parte comprendida dentro de un círculo de 3km de radio centrado en 402214,4358N 0034706,5054W (Madrid/Cuatro Vientos AD), con dos extensiones rectangulares definidas por:

- 402409N 0034010W; 402230N 0034154W; 402004N 0033742W; 402203N 0033554W.
- 401548N 0034931W; 401230N 0035220W; 401005N 0034845W; 401258N 0034547W.

Colmenar Viejo CTR. 300m AGL/GND. APP126.6 y Madrid CTR. 300m/GND. APP 124.025. Los CTR son clase C por encima de FL195 y clase D por debajo de FL195. (*Clase C y clase D, véanse en el apartado 2.1.2*)

- **VFR corredores.** Un corredor VFR se define como una región del espacio aéreo de clase B, con límites laterales y verticales definidos, en los cuales el avión puede operar sin autorización o sin la comunicación de ATC. Debido a la densa circulación y a los procedimientos que son necesarios para manejar de forma eficiente el flujo de tráfico, en los años recientes no ha sido posible incorporar corredores VFR en el desarrollo o modificaciones del espacio aéreo clase B.

Madrid-Barajas AD no admite tráfico en VFR, los sectores prohibidos para vuelos VFR solo podrán ser sobrevolados por:

- Los helicópteros del SAR.
- Los helicópteros del estado español en misiones especiales, sanitarias y de transporte VIP.
- Las aeronaves de trabajos aéreos debidamente autorizadas.
- Las aeronaves militares en misiones tácticas.
- **LED.** Zonas peligrosas son regiones del espacio aéreo en las que el piloto puede decidir si puede o no hacer frente al riesgo con un grado racional de certidumbre de que no acarreará consecuencias graves para el vuelo que está

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

realizando. El establecimiento de zonas peligrosas está justificado cuando la actividad que se realiza en dicha zona es de naturaleza tal que el riesgo consiguiente requiere que las aeronaves tengan conocimiento de él. En todos los casos es obligatorio publicar el motivo del establecimiento de dicha zona, quedando a discreción del piloto. Las áreas LED existentes son las siguientes [Ref. 4.2.7]:

- **LED 4 ALIJARES (Toledo).** Zona del espacio aéreo peligroso debido a ejercicios de tiro terrestre, los MON / FRI: 0800-2200, EXC HOL, actividad anunciada por NOTAM. Los límites laterales están formados por la unión de los siguientes puntos: 395200N 0040100W; 395200N 0035900W; 394900N 0035900W; 394900N 0040100W; 395200N 0040100W.
- **LED6 BATERÍAS (Segovia).** Zona del espacio aéreo peligroso entre FL100/GND debido a prácticas de tiro terrestres. Los MON/FRI: HJ, EXC HOL, otras actividades y alturas superiores se anunciarán por NOTAM. Los límites laterales vienen determinados por la unión de los siguientes puntos: 405200N 0040200W; 405200N 0040700W; 405600N 0040700W; 405600N 0040200W; 405200N 0040200W.
- **LED17 COLMENAR VIEJO (Madrid).** En esta zona la restricción es producida por vuelos de instrucción HEL MIL. MON/FRI EXC HOL: V: 0600-2100. I: 0700-2200. Antes de entrar en la zona establecer contacto radio con TWR Colmenar en 123,22MHz ó 340,60MHz:
 - **LED17A.** Espacio aéreo peligroso entre 3500ft ALT/GND. Los límites laterales vienen determinados por la unión de los siguientes puntos: 405753N 0031832W; 403932N 0034555W; 403142N 0041335W; 403000N 0041410W; 402827N 0040715W; 402920N 0040043W. 403436N 0040047W; 403337N 0034647W; 404748N 0032038W; 405753N 0031832W.
 - **LED17B.** Espacio aéreo peligroso entre 5200ft ALT/GND. Los límites laterales lo forman la unión de los siguientes

**Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a
MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)**

- puntos: 410023N 0031801W; 410003N 0032316W;
403511N 0041147W; 403142N 0041335W; 403932N
0034555W; 405753N 0031832W; 410023N 0031801W.
- **LED17C. Zona del espacio aéreo peligroso entre 7500ft ALT/GND.** Los límites laterales están formados por la unión de los siguientes puntos: 410003N 0032316W; 405945N 0033759W; 405716N 0034725W; 404234N 0040801W; 403511N 0041147W; 410003N 0032316W.
 - **LED38 ZAOREJAS (Guadalajara).** Zona del espacio aéreo peligroso entre 5000ft ALT/GND debido a que se produce lanzamiento de cargas, esta actividad será anunciada por NOTAM. Los límites laterales están formados por un Círculo de 1 NM de radio centrado en 404300N 0021200W.
 - **LED40 ALPEDRETE DE LA SIERRA (Guadalajara).** Espacio aéreo peligroso entre 8500ft ALT/GND debido al lanzamiento de paracaidistas y ejercicios de tiro, durante el siguiente periodo de tiempo: TUE: 0800-1600 & 1900-2400 WED: 0000-0200 & 0800-1600 THU: 0800-1600 & 1900-2400 FRI: 0000-0200 & 0800-1400. Se comunicará A/G en VHF/UHF con ACFT Participantes. Coordinación con MADRID ACC. Los límites laterales están formados por la unión de los siguientes puntos: 410000N 0032800W; 405100N 0032700W; 410000N 0031500W; 410000N 0032800W.
 - **LED41 CASAS DE UCEDA (Guadalajara).** Espacio aéreo peligroso entre 5000ft ALT/GND debido al lanzamiento de paracaidistas y ejercicios de tiro los TUE: 0800-1600 & 1900-2400 WED: 0000-0200 & 0800-1600 THU: 0800-1600 & 1900-2400 FRI: 0000-0200 & 0800-1400. Se comunicará Ámbar/verde en VHF/UHF con aeronaves participantes. Coordinación con MADRID ACC. Los límites laterales están formados por la unión de los siguientes puntos: 410000N 0033500W; 410000N 0032800W; 405100N 0032700W; 410000N 0031500W; 410000N 0031100W; 405500N 0031100W; 404500N 0033000W; 404500N 0033500W; 410000N 0033500W.

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

- **LED48 SANCHIDRIÁN (Ávila).** Espacio aéreo peligroso entre 11500ft ALT/GND debido a Ejercicios de aeroclub-paraclub diario. Los límites laterales de esta región de espacio aéreo lo forma un círculo de 1,6 NM de radio centrado en 405402N 0043634W.
- **LED52 OCAÑA (Toledo).** Zona del espacio aéreo peligrosa entre 8000ft ALT/GND ya que se producen Vuelos de planeadores únicamente en VMC. Diario: HJ EXC HOL. "Fuera del horario de actividad de la zona LED52 se podrá utilizar el FL 70 como nivel de vuelo mínimo IFR en ruta". Los límites laterales están formados por la unión de los siguientes puntos: 395850N 0033530W; 395850N 0032630W; 395715N 0031959W; 393940N 0031937W; 393950N 0033144W; 395850N 0033530W.
- **LED55 TOLEDO.** Espacio aéreo peligroso debido a que en dicha zona se realizan vuelos de entrenamiento en VFR. Diario: HJ.
Coordinación con GETAFE TWR & MADRID ACC:
 - LED55A. Zona peligrosa entre 4000ft ALT/1000ft AGL. Los límites laterales están formados por la unión de los siguientes puntos: 395200N 0040200W; 401800N 0042630W; 401700N 0040030W; 395200N 0040200W.
 - LED55B. Zona peligrosa entre 6000ft/1000ft AGL. Los límites laterales están formados por la unión de los siguientes puntos: 395200N 0040200W; 394100N 0034600W; 393700N 0042200W; 395800N 0045000W; 401700N 0044600W; 401800N 0042630W; 395200N 0040200W.
- **LED60 EL PALANCAR (Colmenar Viejo).** Zona de espacio aéreo peligrosa entre 11500ft AGL/GND ya que se producen ejercicios de tiro terrestre los MON/FRI: 0800-1700. Coordinación con COLMENAR TWR. Los límites laterales lo forman la unión de los siguientes puntos: 403733N 0035654W; 404140N 0035654W; 404140N 0035114W; 403733N 0035114W; 403733N 0035654W.
- **LED61 SAN PEDRO (Colmenar Viejo).** Espacio aéreo peligroso entre 4265ft AGL/GND debido a ejercicios de tiro terrestre. . Primera

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

quincena de cada mes: Sin actividad. Segunda quincena de cada mes: Actividad diurna anunciada por NOTAM. Los límites laterales están formados por la unión de los siguientes puntos: 404400N 0034521W; 404400N 0034204W; 404000N 0034204W; 404000N 0034521W; 404400N 0034521W.

- **LED69 GRIÑÓN (Toledo).** Espacio aéreo peligroso entre 3000ft ALT/GND debido a que se producen vuelos de instrucción de helicópteros (SAR) los MON/FRI: 0800-1300. Los límites laterales están formados por un círculo de 3Km de radio centrado en 401100N 0035200W (Griñón AD).
- **LED87 GALÁPAGOS (Guadalajara).** Espacio aéreo peligroso entre 1500ft AGL/GND debido a ejercicios de paracaidismo en la zona los MON/FRI: 0600-1100 & 1700-2200. Los límites laterales están formados por un círculo de 1km de radio centrado en 404253N 0032033W.
- **LED94 SANTORCAZ (Madrid).** Espacio aéreo peligroso entre FL120/GND debido a la realización de ejercicios de paracaidismo los MON/FRI: 0700 - 1700; TUE: 1900 - 2400. WED: 0000 - 0200 & 1900 -2400 THU: 0000 – 0200. Coordinación con MADRID ACC & MADRID/Torrejón TWR/GCA. Cuando la RWY 18 de MADRID/Barajas esté en servicio se suspenderán los ejercicios. Los límites laterales están formados por un círculo de 3km de radio centrado en 402748N 0031307W.
- **LED98 LA MANCHA (Albacete).** Espacio aéreo peligroso entre FL460/FL80 debido al entrenamiento de unidades aéreas los MON/FRI: 0700-2200 EXC HOL. Otra actividad será anunciada por NOTAM. Los límites laterales están formados por la unión de los siguientes puntos: 393000N 0024800W; 393000N 0015000W; 390300N 0012400W; 382500N 0022600W; 373800N 0032800W; 380800N 0033000W; 392300N 0025400W; 393000N 0024800W.
- **LED104 TERUEL.** Espacio aéreo peligroso entre FL460/FL100 debido al entrenamiento unidades aéreas, otra actividad será anunciada por NOTAM los MON/FRI EXC HOL, Verano:

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

0500/2300, Invierno: 0600/2400. Los límites laterales están formados por la unión de los siguientes puntos: 400000N 0012300W; 401900N 0020600W; 402500N 0020000W; 404616N 0004707W; 404621N 0000657W; 400000N 0002515W; 400000N 0012300W.

- **LED131 P. ALARCÓN INFERIOR (Cuenca).** Espacio aéreo peligroso entre FL145/GND debido a vuelos de prueba, ensayo y ejercicios aéreos realizados en la zona los MON/FRI EXC HOL: V: 0500/2300. I: 0600/2400. Otra actividad será anunciada por NOTAM. Los límites laterales están formados por la unión de los siguientes puntos: 400000N 0022200W; 400000N 0015500W; 394700N 0012500W; 390300N 0012400W; 393000N 0015000W; 393000N 0024800W; 400000N 0022200W.
- **LED132 P. ALARCÓN SUPERIOR (Cuenca).** Espacio aéreo peligroso entre FL460/FL145 debido a vuelos de prueba, ensayo y ejercicios aéreos en la zona los MON/FRI EXC HOL: Verano: 0500/2300, Invierno: 0600/2400. Otra actividad anunciada por NOTAM. Los límites laterales están formados por la unión de los siguientes puntos: 395630N 0022506W; 394230N 0012500W; 390300N 0012400W; 393000N 0015000W; 393000N 0024800W; 395630N 0022506W.
- **LED133 ROBLEDO DE CHAVELA (Madrid).** Espacio aéreo peligroso entre 8300ft ALT/GND debido a la existencia de Campos eléctricos radiales de alta intensidad. Actividad anunciada por NOTAM. Los límites laterales están formados por un círculo de 1 NM de radio centrado en 402552N 0041453W.

- **LER.** Zona restringida es una región del espacio aéreo en la cual se necesita una autorización expresa para rebasar esas áreas. Las zonas restringidas se establecen generalmente cuando el riesgo que suponen las actividades en ellas realizadas sea tal que no se considere posible dejar a la discreción de cada piloto si desea o no exponerse a correr el riesgo. Las zonas LER existentes son las siguientes [Ref. 4.2.7]:

- **LER43 TORRIJOS (Toledo).** Espacio aéreo restringido entre 5000ft ALT/GND debido a que en esa zona se realizan el

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

entrenamiento de aviones militares, de 07:00-14:00 horas EXC HOL
otras actividades serán anunciadas por NOTAM. Los límites laterales
están formados por la unión de los siguientes puntos: 395303N
0040953W; 395016N 0041729W; 395323N 0042726W; 395802N
0042733W; 400352N 0041856W; 395711N 0040613W; 395303N
0040953W.

- **LER71 SALAMANCA.** Zonas del espacio aéreo restringidas de
forma permanente debido a los vuelos de enseñanza de la B.A.
SALAMANCA/Matacán y SENASA (Sociedad Estatal de
Enseñanzas Aeronáuticas). Antes de penetrar en la zona establecer
contacto radio con APP/TWR de Salamanca para recabar la oportuna
autorización:
 - LER71A. Espacio aéreo restringido entre FL100/1000ft
GND. Los límites laterales están formados por la unión de
los siguientes puntos: 420000N 0054000W; 411440N
0044000W; 403600N 0044000W; 412419N 0053834W;
410910N 0055630W; 402200N 0064630W; siguiendo la
línea de la frontera hispano-portuguesa hasta 413500N
0061200W; 420000N 0054000W.
 - LER71B. Espacio aéreo restringido entre FL240/1000ft
GND. Los límites laterales están formados por la unión de
los siguientes puntos: 412419N 0053834W; 403600N
0044000W; 402200N 0064630W; 410910N 0055630W;
412419N 0053834W.
 - LER71C. Espacio aéreo restringido entre FL240/2000ft
GND. Los límites laterales están formados por la unión de
los siguientes puntos: 403600N 0044000W; 402000N
0044000W; 400730N 0051230W; 394110N 0061600W;
394110N 0070000W; siguiendo la línea de la frontera
hispano-portuguesa hasta 402200N 0064630W; 403600N
0044000W.
- **LER86B BADAJOZ.** Espacio aéreo restringido entre FL245/5000ft
ALT debido a la realización de vuelos de enseñanza. Para sobrevolar

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

se ha de pedir autorización a Badajoz TWR. Queda prohibida toda actividad a cualquier tipo de aeronave carente de equipo de comunicaciones que le permita enlazar con Badajoz TWR. También se tendrán en cuenta las siguientes observaciones: MON, THU, FRI, SAT & SUN desde la salida hasta la puesta de sol, TUE & WED desde la salida hasta la puesta de sol más 3 horas, EXC HOL. Actividad nocturna anunciada por NOTAM. Los límites laterales de esta zona del espacio aéreo lo componen la unión de los siguientes puntos: 395000N 0043100W; 384500N 0050500W; 383000N 0051300W; 383000N 0052200W; 374400N 0061300W; 380500N 0070000W; desde este punto, a lo largo de la frontera hispano-portuguesa, hasta 390700N 0071000W; 392500N 0062400W; 395000N 0043100W.

- **LEP.** Zonas prohibidas son regiones del espacio aéreo que están absolutamente vedadas a las aeronaves, por esta razón el establecimiento de dichas zonas debería supeditarse a condiciones especialmente rigurosas. Las regiones LEP existentes son las siguientes [Ref. 4.2.7]:
 - **LEP118 EL PLANTÍO (Madrid).** Es una zona prohibida de carácter permanente para vuelos IFR entre los 4000ft ALT/GND y para vuelos VFR entre UNL/GND. Los límites laterales están formados por la unión de los siguientes puntos: 403233N 0034452W; 402653N 0034259W; 402547N 0034315W; 402610N 0034916W; 402830N 0035236W; 403033N 0035312W; 403040N 0035216W; 403233N 0035153W.
 - **LEP139 TRILLO (Guadalajara).** Es una zona prohibida de carácter permanente para vuelos entre 4000ft ALT/GND. Los límites laterales están formados por un círculo de 3 NM de radio con centro en: 404212N 0023717W.
 - **LEP140 JOSÉ CABRERA (Guadalajara).** Es una zona prohibida de carácter permanente para vuelos entre 4000ft ALT/GND. Los límites laterales están formados por un círculo de 3 NM de radio con centro en: 402059N 0025304W.

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

2.1.2.- ESTADO ACTUAL:

El TMA de Madrid es:

- De **clase C** para niveles de vuelo entre FL 245- FL 195. Esta clase de espacio aéreo posee las siguientes características:
 - Para los vuelos IFR:
 - Separación proporcionada: IFR/IFR, IFR/VFR, IFR/VFRN.
 - Se suministran servicios ATC.
 - No se aplican limitaciones de velocidad.
 - Las radiocomunicaciones tienen que ser continuas en ambos sentidos.
 - Sujeto a autorización ATC.
 - Para vuelos VFR:
 - Separación proporcionada: VFR/IFR.
 - Se suministran dos clases de servicios, servicio ATC para la separación IFR e información de tránsito para la separación VFR/VFR (y asesoramiento anticollisión a solicitud).
 - Velocidad limitada a 250Kts IAS por debajo de FL100.
 - Las radiocomunicaciones tienen que ser continuas en ambos sentidos.
 - Sujeto a autorización ATC.
 - Para vuelos VFRN:
 - Separación proporcionada: VFRN/IFR y VFRN/VFRN.
 - Se suministra servicios ATC.
 - Velocidad limitada a 250Kts IAS por debajo de FL100.
 - Las radiocomunicaciones tienen que ser continuas en ambos sentidos.
 - Sujeto a autorización ATC.
- De **clase A** para niveles de vuelo entre FL195- 300 m AGL. Esta clase de espacio aéreo posee las siguientes características:
 - Solo están permitidos los vuelos IFR.

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

- Se proporciona separación a todas las aeronaves.
 - Se suministran servicios ATC.
 - No se aplica ninguna limitación de velocidad.
 - Las radiocomunicaciones tienen que ser continuas en ambos sentidos.
 - Sujeto a autorización ATC.
- De **clase D** para los pasillos VFR excepto en los sectores prohibidos a dichos vuelos VFR. Dicha clase de espacio aéreo posee las siguientes características:
- Para vuelos IFR:
 - Se proporciona separación entre vuelos IFR/IFR y entre IFR/VFRN.
 - Se suministra servicios ATC, incluso información de tránsito sobre vuelos VFR (y asesoramiento anticolidión a solicitud).
 - Velocidad limitada a 250Kts por debajo de FL 100.
 - Las radiocomunicaciones tienen que ser continuas en ambos sentidos.
 - Sujeto a autorización ATC.
 - Para vuelos VFR:
 - No se proporciona ninguna separación.
 - Se suministran dos clases de servicios, ATC e información de tránsito VFR/VFR y VFR/IFR (y asesoramiento anticolidión a solicitud).
 - Velocidad limitada a 250Kts por debajo de FL 100.
 - Las radiocomunicaciones tienen que ser continuas en ambos sentidos.
 - Sujeto a autorización ATC.
 - Para vuelos VFRN:
 - Se proporciona separación para VFRN/IFR y VFRN/VFRN.
 - Se suministra servicios ATC.
 - Velocidad limitada a 250Kts por debajo de FL 100.

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

- Las radiocomunicaciones tienen que ser continuas en ambos sentidos.
- Sujeto a autorización ATC.
- De **clase G** en los sectores VFR excepto en los que están prohibidos este tipo de navegación. Dicho espacio aéreo posee las siguientes características:
 - Para vuelos IFR:
 - No se proporciona ninguna separación entre tipos de vuelo.
 - Se suministra servicio de información de vuelo.
 - Se limita la velocidad a 250Kts por debajo de FL100.
 - Las radiocomunicaciones tienen que ser continuas en ambos sentidos.
 - No está sujeto a autorización ATC.
 - Para vuelos VFR:
 - No se proporciona ninguna separación entre tipos de vuelo.
 - Se suministra servicio de información de vuelo.
 - Se limita la velocidad a 250Kts por debajo de FL100.
 - No se necesita requisitos de radiocomunicaciones.
 - No está sujeto a autorización ATC.
 - Para vuelos VFRN:
 - No se proporciona ninguna separación entre tipos de vuelo.
 - Se suministra servicio de información de vuelo.
 - Se limita la velocidad a 250Kts por debajo de FL100.
 - Las radiocomunicaciones tienen que ser continuas en ambos sentidos.
 - No está sujeto a autorización ATC.

**Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a
MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)**

SALIDAS NORMALIZADAS POR INSTRUMENTOS (SID)

ALABEO	15°	20°	25°
IAS MAX en viraje	180 kt	210 kt	240 kt

Tabla 1.- IAS MAX en viraje

- PISTA 36L. [Ref. 4.2.3] (Véase Anexo13)
 - **SALIDA NAVAS CUATRO ECHO (NVS4E).** Sólo aeronaves autorizadas, ver AD 2-LEMD casilla 21 apartado 6. Subir en rumbo de pista directo a DVOR/DME SSY. Virar a la izquierda (IAS MAX en viraje según tabla 1) para seguir RDL-323 SSY hasta 5.7 DME SSY para cruzarlo a 5000 ft o superior. Virar a la izquierda (IAS MAX en viraje 240kt) para seguir RDL-058 NVS. Directo a cruzar DVOR/DME NVS a FL80 o superior. Pendiente mínima 7,5% hasta abandonar 4500 ft. Autorización inicial ATC: Mantener FL130 y solicitar cambio de nivel en ruta.
 - **SALIDA MONTO CUATRO ECHO (MONT04E).** Sólo aeronaves autorizadas, ver AD 2-LEMD casilla 21, apartado 6. Subir en rumbo de pista directo a DVOR/DME SSY. Virar a la izquierda (IAS MAX en viraje según tabla 1) para seguir RDL-323 SSY hasta 5.7 DME SSY para cruzarlo a 5000 ft o superior. Virar a la izquierda (IAS MAX en viraje 240kt) para seguir RDL-058 NVS. Directo a cruzar DVOR/DME NVS a FL80 o superior. Virar a la izquierda para seguir RDL-013 TLD directo a cruzar VOR/DME TLD a FL90 o superior. Proceder por RDL-193 TLD directo a MONTO. Pendiente mínima 7,5% hasta abandonar 4500 ft. Autorización inicial ATC: Mantener FL130 y solicitar cambio de nivel en ruta.
 - **SALIDA SOMOSIERRA CUATRO ECHO (SIE4E).** Subir en rumbo de pista hasta DVOR/DME SSY. Proceder en RDL-019 SSY directo al 10 DME BRA/ 5.4 DME SSY (IAS MAX 250kt). Virar a la izquierda para seguir rumbo magnético 340° hasta interceptar y seguir RDL-003 BRA directo a 21 DME BRA para cruzarlo a FL80 o superior hasta alcanzar 26 DME BRA a FL90 o superior. Virar a la izquierda para interceptar y seguir RDL-175 SIE directo a VOR/DME SIE para cruzarlo a FL120 o superior.

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

Pendiente mínima de ascenso 6,4% hasta abandonar FL80. Autorización inicial ATC: Mantener FL130 y solicitar cambio de nivel en ruta.

- **SALIDA SOMOSIERRA UNO WHISKEY (SIE1W).** Subir en rumbo de pista hasta DVOR/DME SSY. Virar a la izquierda (IAS MAX en viraje según tabla 1) para seguir RDL.323 SSY hasta alcanzar 9.5 DME SSY a 5600 ft o superior. Virar a la derecha para interceptar y seguir RDL-014 CNR directo a VOR/DME SIE para cruzarlo a FL120 o superior. Pendiente mínima de ascenso 6% hasta abandonar FL100. Autorización inicial ATC: Mantener FL130 y solicitar cambio de nivel en ruta.
- **SALIDA PINAR DOS ECHO (PINAR2E).** Subir en rumbo de pista directo a DVOR/DME SSY, proceder por RDL-019 SSY directo a 10 DME BRA. Virar a la derecha para seguir RDL-232 RBO directo a cruzar CASAR a 5500 ft o superior. Directo a cruzar DVOR/DME RBO a FL80 o superior. Proceder por RDL-079 RBO directo a PINAR. Pendiente mínima de ascenso 5% hasta abandonar 5000 ft. Autorización inicial ATC: Mantener FL130 y solicitar cambio de nivel en ruta.
- **SALIDA BARAHONA TRES JULIETT (BAN3J).** Subir en rumbo de pista directo a DVOR/DME SSY, proceder por RDL-019 SSY directo a 10 DME BRA. Virar a la derecha para seguir RDL-232 RBO directo a cruzar CASAR a 5500 ft o superior. Directo a cruzar DVOR/DME RBO a FL80 o superior. Proceder por RDL-228 BAN directo a VOR/DME BAN. Pendiente mínima 5% hasta abandonar 5000 ft. NOTA: En configuración norte, sólo utilizable previa autorización ATC para vuelos planificados a FL250 o superior. Autorización inicial ATC: Mantener FL130 y solicitar cambio de nivel en ruta.
- **SALIDA NANDO TRES GOLF (NANDO3G).** Subir en rumbo de pista directo a DVOR/DME SSY, proceder por RDL-019 SSY directo a cruzar 10 DME BRA a 5000 ft o superior. Virar a la derecha para seguir RDL-232 RBO directo a cruzar CASAR a FL70 o superior. Virar a la derecha directo a cruzar VOR/DME VJZ a FL90 o superior. Proceder por RDL-001 PDT directo a cruzar DVOR/DME PDT a FL130 o superior. Proceder por RDL-118 PDT hasta 37 DME PDT para seguir RDL-092 TLD directo a NANDO. Pendiente mínima 7% hasta abandonar FL90. NOTA: Si VOR/DME VJZ

**Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a
MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)**

está fuera de servicio, en CASAR virar a la derecha para seguir RDL-001 PDT directo a cruzar 19 DME PDT a FL90 o superior. Directo a cruzar DVOR/DME PDT a FL130 o superior. Autorización inicial ATC: Mantener FL130 y solicitar cambio de nivel en ruta.

- **SALIDA CASTEJÓN SEIS ECHO (CJN6E).** Subir en rumbo de pista directo a DVOR/DME SSY, proceder por RDL-019 SSY directo a 10 DME BRA. Virar a la derecha para seguir RDL-232 RBO directo a cruzar CASAR a 5500 ft o superior. Directo a cruzar DVOR/DME RBO a FL80 o superior. Virar a la derecha para seguir RDL-079 RBO directo a cruzar PINAR a FL130 o superior. Virar a la derecha para seguir RDL-359 CJN directo a DVOR/DME CJN. Pendiente mínima 5% hasta abandonar 5000 ft. NOTA: Utilizable por aeronaves cuyo nivel de crucero máximo sea FL150. Autorización inicial ATC: Mantener FL130 y solicitar cambio de nivel en ruta.
- **SALIDA NAVAS CINCO WHISKEY (NVS5W).** Obligatoria para aeronaves listadas en AD 2-LEMD casilla 21, apartado 6. Subir en rumbo de pista hasta DVOR/DME SSY. Proceder en RDL-019 SSY directo al 10 DME BRA/ 5.4 DME SSY (IAS MAX 250kt). Virar a la izquierda para seguir rumbo magnético 340° hasta interceptar y seguir RDL-003 BRA directo a 15 DME BRA para cruzarlo a 6300 ft o superior. Virar a la izquierda para interceptar y seguir RDL-256 RBO hasta alcanzar 33 DME RBO a FL120 o superior. Virar a la izquierda para interceptar y seguir RDL-035 NVS directo a cruzar DVOR/DME NVS a FL120 o superior. Pendiente mínima 7% hasta abandonar 5500 ft. NOTA: IAS MAX 205kt en viraje sobre DVOR/DME SSY para aeronaves CAT D. Autorización inicial ATC: Mantener FL130 y solicitar cambio de nivel en ruta.
- **SALIDA NASOS TRES ECHO (NASOS3E).** Subir en rumbo de pista directo a DVOR/DME SSY, proceder por RDL-019 SSY directo a cruzar 10 DME BRA a 5000 ft o superior. Virar a la derecha para seguir RDL-232 RBO directo a cruzar CASAR a FL70 o superior. Virar a la derecha directo a cruzar VOR/DME VJZ a FL90 o superior. Proceder por RDL-001 PDT directo a cruzar DVOR/DME PDT a FL130 o superior. Proceder por RDL-167 PDT directo a NASOS. Pendiente mínima 7% hasta abandonar FL90.

**Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a
MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)**

NOTA: Si VOR/DME VJZ está fuera de servicio, en CASAR virar a la derecha para seguir RDL-001 PDT directo a cruzar 19 DME PDT a FL90 o superior. Directo a cruzar DVOR/DME PDT a FL130 o superior. Autorización inicial ATC: Mantener FL130 y solicitar cambio de nivel en ruta.

- **SALIDA TEMIR TRES ECHO (TEMIR3E).** Subir en rumbo de pista directo a DVOR/DME SSY, proceder por RDL-019 SSY directo a cruzar 10 DME BRA a 5000 ft o superior. Virar a la derecha para seguir RDL-232 RBO directo a cruzar CASAR a FL70 o superior. Virar a la derecha directo a cruzar VOR/DME VJZ a FL90 o superior. Proceder por RDL-001 PDT directo a cruzar DVOR/DME PDT a FL130 o superior. Proceder por RDL-118 PDT directo a TEMIR. Pendiente mínima 7% hasta abandonar FL90. NOTA: Si VOR/DME VJZ está fuera de servicio, en CASAR virar a la derecha para seguir RDL-001 PDT directo a cruzar 19 DME PDT a FL90 o superior. Directo a cruzar DVOR/DME PDT a FL130 o superior. Autorización inicial ATC: Mantener FL130 y solicitar cambio de nivel en ruta.
- **SALIDA MONTO CINCO WHISKEY (MONT05W).** Obligatoria para aeronaves listadas en AD 2-LEMD casilla 21, apartado 6. Subir en rumbo de pista hasta DVOR/DME SSY. Proceder en RDL-019 SSY directo al 10 DME BRA/ 5.4 DME SSY (IAS MAX 250kt). Virar a la izquierda para seguir rumbo magnético 340° hasta interceptar y seguir RDL-003 BRA directo a 15 DME BRA para cruzarlo a 6300 ft o superior. Virar a la izquierda para interceptar y seguir RDL-256 RBO hasta alcanzar 33 DME RBO a FL120 o superior. Virar a la izquierda para interceptar y seguir RDL-035 NVS directo a cruzar DVOR/DME NVS a FL120 o superior. Virar a la izquierda para seguir RDL-013 TLD directo a DVOR/DME TLD. Proceder por RDL-193 TLD directo a MONTO. Pendiente mínima 7% hasta abandonar 5500 ft. NOTA: IAS MAX 205kt en viraje sobre DVOR/DME SSY para aeronaves CAT D. Autorización inicial ATC: Mantener FL130 y solicitar cambio de nivel en ruta.
- **SALIDA ROBEDILLO UNO ECHO (RBO1E).** Sólo para aeronaves turbohélice. Subir en rumbo de pista hasta alcanzar 3700 ft. Virar a la

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

derecha para seguir ruta magnética 082° NDB ACD, para cruzar RDL-302 VJZ a 5500 ft o superior, directo a cruzar RDL-348 VJZ a FL70 o superior, hasta interceptar y seguir RDL-020 VJZ para cruzar 8,3 DME VJZ a FL80 o superior. Directo a DVOR/DME RBO. Pendiente mínima 6,5% hasta alcanzar FL70. Autorización inicial ATC: Mantener FL130 y solicitar cambio de nivel en ruta.

- PISTA 36R: Utilizable en horario diurno (07:00-23:00 hora local). [Ref. 4.2.4] (*Véase Anexo13*)
 - **SALIDA SOMOSIERRA UNO ROMEO (SIE1R).** Subir en rumbo de pista hasta alcanzar 5 DME BRA para interceptar y seguir RDL-003 BRA directo a cruzar 21 DME BRA a FL80 o superior para cruzar 26 DME BRA a FL90 o superior. Virar a la izquierda para seguir RDL-175 SIE directo a cruzar DVOR/DME SIE a FL120 o superior. Pendiente mínima de ascenso 6% hasta abandonar FL100. Autorización inicial ATC: Mantener FL130 y solicitar cambio de nivel en ruta.
 - **SALIDA MONTO UNO ZULU (MONT01Z).** Subir en rumbo de pista hasta alcanzar 5 DME BRA para interceptar y seguir RDL-003 BRA directo a cruzar 12 DME BRA a 4500 ft o superior. Virar a la izquierda (IAS MAX en viraje 240kt) para cruzar 5 DME CNR a 6500 ft o superior directo a cruzar DVOR/DME CNR. Proceder por RDL-058 NVS directo a cruzar DVOR/DME NVS a FL110 o superior. Virar a la izquierda para seguir RDL-013 TLD directo a VOR/DME TLD proceder por RDL-193 TLD directo a MONTO. Pendiente mínima de ascenso 5,5% hasta abandonar FL70. Autorización inicial ATC: Mantener FL130 y solicitar cambio de nivel en ruta.
 - **SALIDA NAVAS UNO ZULU (NVS1Z).** Subir en rumbo de pista hasta alcanzar 5 DME BRA para interceptar y seguir RDL-003 BRA directo a cruzar 12 DME BRA a 4500 ft o superior. Virar a la izquierda (IAS MAX en viraje 240kt) para cruzar 5 DME CNR a 6500 ft o superior directo a cruzar DVOR/DME CNR. Proceder por RDL-058 NVS directo a cruzar DVOR/DME NVS a FL110 o superior. Pendiente mínima de ascenso 5,5%

**Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a
MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)**

hasta abandonar FL70. Autorización inicial ATC: Mantener FL130 y solicitar cambio de nivel en ruta.

- **SALIDA BARAHONA UNO ZULU (BAN1Z).** (Salida para aeronaves turbohélices). Sujeta a autorización ATC. Subir en rumbo magnético 018° directo a cruzar 5 DME BRA a 2400 ft o superior. Virar a la derecha para seguir ruta magnética 094° NDB ACD para interceptar y seguir RDL-200 RBO directo a cruzar DVOR/DME RBO a FL80 o superior. Virar a la derecha para seguir RDL-228 BAN directo a VOR/DME BAN. Pendiente mínima de ascenso 6,5% hasta abandonar FL70. Autorización inicial ATC: Mantener FL130 y solicitar cambio de nivel en ruta.
- **SALIDA CASTEJON UNO ZULU (CNJ1Z).** (Salida para aeronaves turbohélices). Sujeta a autorización ATC. Subir en rumbo magnético 018° directo a cruzar 5 DME BRA a 2400 ft o superior. Virar a la derecha para seguir ruta magnética 094° NDB ACD para interceptar y seguir RDL-200 RBO directo a cruzar DVOR/DME RBO a FL80 o superior. Virar a la derecha para seguir RDL-079 RBO directo a cruzar PINAR a FL130 o superior. Virar a la derecha para seguir RDL-359 CJN directo a DVOR/DME CJN. Pendiente mínima de ascenso 6,5% hasta abandonar FL70. Autorización inicial ATC: Mantener FL130 y solicitar cambio de nivel en ruta.
- **SALIDA PINAR UNO ZULU (PINAR1Z).** (Salida para aeronaves turbohélices). Sujeta a autorización ATC. Subir en rumbo magnético 018° directo a cruzar 5 DME BRA a 2400 ft o superior. Virar a la derecha para seguir ruta magnética 094° NDB ACD para interceptar y seguir RDL-200 RBO directo a cruzar DVOR/DME RBO a FL80 o superior. Virar a la derecha para seguir RDL-079 RBO directo a cruzar PINAR a FL130 o superior. Pendiente mínima de ascenso 6,5% hasta abandonar FL70. Autorización inicial ATC: Mantener FL130 y solicitar cambio de nivel en ruta.
- **SALIDA NANDO UNO ZULU (NANDO1Z).** (Salida para aeronaves turbohélices). Sujeta a autorización ATC. Subir en rumbo magnético 018° directo a cruzar 5 DME BRA a 2400 ft o superior. Virar a la derecha para seguir ruta magnética 094° NDB ACD hasta interceptar RDL-356 PDT.

**Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a
MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)**

Virar a la derecha para seguir RDL-001 PDT directo a cruzar DVOR/DME PDT a FL130 o superior. Virar a la izquierda para seguir RDL-118 PDT directo a cruzar 37 DME PDT. Virar a la izquierda para seguir RDL-092 TLD directo a NANDO. Pendiente mínima de ascenso 6,5% hasta abandonar FL70. Autorización inicial ATC: Mantener FL130 y solicitar cambio de nivel en ruta.

- **SALIDA NASOS UNO ZULU (NASOS1Z).** (Salida para aeronaves turbohélices). Sujeta a autorización ATC. Subir en rumbo magnético 018° directo a cruzar 5 DME BRA a 2400 ft o superior. Virar a la derecha para seguir ruta magnética 094° NDB ACD hasta interceptar RDL-356 PDT. Virar a la derecha para seguir RDL-001 PDT directo a cruzar DVOR/DME PDT a FL130 o superior. Virar a la izquierda para seguir RDL-167 PDT directo a NASOS. Pendiente mínima de ascenso 6,5% hasta abandonar FL70. Autorización inicial ATC: Mantener FL130 y solicitar cambio de nivel en ruta.
- **SALIDA TEMIR UNO ZULU (TEMIR1Z).** (Salida para aeronaves turbohélices). Sujeta a autorización ATC. Subir en rumbo magnético 018° directo a cruzar 5 DME BRA a 2400 ft o superior. Virar a la derecha para seguir ruta magnética 094° NDB ACD hasta interceptar RDL-356 PDT. Virar a la derecha para seguir RDL-001 PDT directo a cruzar DVOR/DME PDT a FL130 o superior. Virar a la izquierda para seguir RDL-118 PDT directo a TEMIR. Pendiente mínima de ascenso 6,5% hasta abandonar FL70. Autorización inicial ATC: Mantener FL130 y solicitar cambio de nivel en ruta.
- **SALIDA BARAHONA UNO ROMEO (BAN1R).** Subir en rumbo magnético 018° directo a cruzar 5,8 DME BRA a 2500 ft o superior. Virar a la derecha para seguir RDL-223 RBO directo a cruzar DVOR/DME RBO a FL80 o superior. Proceder por RDL-228 BAN directo a VOR/DME BAN. Pendiente mínima de ascenso 5% hasta abandonar FL80. Autorización inicial ATC: Mantener FL130 y solicitar cambio de nivel en ruta.
- **SALIDA CASTEJON UNO ROMEO (CJN1R).** Subir en rumbo magnético 018° directo a cruzar 5,8 DME BRA a 2500 ft o superior. Virar a la derecha para seguir RDL-223 RBO directo a cruzar DVOR/DME RBO a

**Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a
MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)**

FL80 o superior. Virar a la derecha para seguir RDL-079 RBO directo a cruzar PINAR a FL130 o superior. Virar a la derecha para seguir RDL-359 CJN directo a cruzar DVOR/DME CJN. Pendiente mínima de ascenso 5% hasta abandonar FL80. Autorización inicial ATC: Mantener FL130 y solicitar cambio de nivel en ruta.

- **SALIDA PINAR UNO ROMEO (PINAR1R).** Subir en rumbo magnético 018° directo a cruzar 5,8 DME BRA a 2500 ft o superior. Virar a la derecha para seguir RDL-223 RBO directo a cruzar DVOR/DME RBO a FL80 o superior. Virar a la derecha para seguir RDL-079 RBO directo a cruzar PINAR a FL130 o superior. Pendiente mínima de ascenso 5% hasta abandonar FL80. Autorización inicial ATC: Mantener FL130 y solicitar cambio de nivel en ruta.
- **SALIDA NANDO UNO ROMEO (NANDO1R).** Subir en rumbo magnético 018° directo a cruzar 5,8 DME BRA a 2600 ft o superior. Virar a la derecha para seguir RDL-223 RBO directo a cruzar 10 DME RBO a FL70 o superior. Virar a la derecha directo a cruzar VOR/DME VJZ a FL90 o superior. Proceder por RDL-001 PDT directo a cruzar DVOR/DME PDT a FL130 o superior. Virar a la izquierda para seguir RDL-118 PDT directo a 37 DME PDT. Virar a la izquierda para seguir RDL-092 TLD directo a NANDO. Pendiente mínima de ascenso 6% hasta abandonar FL70. Autorización inicial ATC: Mantener FL130 y solicitar cambio de nivel en ruta.
- **SALIDA NASOS UNO ROMEO (NASOS1R).** Subir en rumbo magnético 018° directo a cruzar 5,8 DME BRA a 2600 ft o superior. Virar a la derecha para seguir RDL-223 RBO directo a cruzar 10 DME RBO a FL70 o superior. Virar a la derecha directo a cruzar VOR/DME VJZ a FL90 o superior. Proceder por RDL-001 PDT directo a cruzar DVOR/DME PDT a FL130 o superior. Virar a la izquierda para seguir RDL-167 PDT directo a NASOS. Pendiente mínima de ascenso 6% hasta abandonar FL70. Autorización inicial ATC: Mantener FL130 y solicitar cambio de nivel en ruta.
- **SALIDA TEMIR UNO ROMEO (TEMIR1R).** Subir en rumbo magnético 018° directo a cruzar 5,8 DME BRA a 2600 ft o superior. Virar a la derecha

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

para seguir RDL-223 RBO directo a cruzar 10 DME RBO a FL70 o superior. Virar a la derecha directo a cruzar VOR/DME VJZ a FL90 o superior. Proceder por RDL-001 PDT directo a cruzar DVOR/DME PDT a FL130 o superior. Virar a la izquierda para seguir RDL-118 PDT directo a TEMIR. Pendiente mínima de ascenso 6% hasta abandonar FL70. Autorización inicial ATC: Mantener FL130 y solicitar cambio de nivel en ruta.

○ PISTA 36R: Utilizable en horario nocturno (23:00-07:00 hora local). [Ref. 4.2.5] (*Véase Anexo13*)

- **SALIDA SOMOSIERRA UNO ROMEO (SIE1R).** Subir en rumbo de pista hasta alcanzar 5 DME BRA para interceptar y seguir RDL-003 BRA directo a cruzar 26 DME BRA a FL90 o superior. Virar a la izquierda para seguir RDL-175 SIE directo a cruzar DVOR/DME SIE a FL120 o superior. Pendiente mínima de ascenso 6% hasta abandonar FL100. Autorización inicial ATC: Mantener FL130 y solicitar cambio de nivel en ruta.
- **SALIDA MONTO UNO ZULU (MONT01Z).** Sujeto a la actividad de LED60 y LED61. Subir en rumbo de pista hasta alcanzar 5 DME BRA para interceptar y seguir RDL-003 BRA directo a cruzar 12 DME BRA a 4500 ft o superior. Virar a la izquierda (IAS MAX en viraje 240kt) directo a cruzar DVOR/DME CNR a FL70 o superior. Proceder por RDL-058 NVS directo a cruzar DVOR/DME NVS a FL110 o superior. Virar a la izquierda para seguir RDL-013 TLD directo a VOR/DME TLD. Proceder por RDL-193 TLD directo a MONTO. Pendiente mínima de ascenso 5,5% hasta abandonar FL70. Autorización inicial ATC: Mantener FL130 y solicitar cambio de nivel en ruta.
- **SALIDA NAVAS UNO ZULU (NVS1Z).** Sujeto a la actividad de LED60 y LED61. Subir en rumbo de pista hasta alcanzar 5 DME BRA para interceptar y seguir RDL-003 BRA directo a cruzar 12 DME BRA a 4500 ft o superior. Virar a la izquierda (IAS MAX en viraje 240kt) directo a cruzar DVOR/DME CNR a FL70 o superior. Proceder por RDL-058 NVS directo a cruzar DVOR/DME NVS a FL110 o superior. Pendiente mínima de ascenso

**Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a
MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)**

5,5% hasta abandonar FL70. Autorización inicial ATC: Mantener FL130 y solicitar cambio de nivel en ruta.

- **SALIDA BARAHONA UNO ZULU (BAN1Z).** (Salida para aeronaves turbohélices). Sujeta a autorización ATC. Subir en rumbo magnético 018° directo a cruzar 5 DME BRA a 2400 ft o superior. Virar a la derecha para seguir ruta magnética 094° NDB ACD para interceptar y seguir RDL-200 RBO directo a cruzar DVOR/DME RBO a FL80 o superior. Virar a la derecha para seguir RDL-228 BAN directo a VOR/DME BAN. Pendiente mínima de ascenso 6,5% hasta abandonar FL70. Autorización inicial ATC: Mantener FL130 y solicitar cambio de nivel en ruta.
- **SALIDA CASTEJON UNO ZULU (CNJ1Z).** (Salida para aeronaves turbohélices). Sujeta a autorización ATC. Subir en rumbo magnético 018° directo a cruzar 5 DME BRA a 2400 ft o superior. Virar a la derecha para seguir ruta magnética 094° NDB ACD para interceptar y seguir RDL-200 RBO directo a cruzar DVOR/DME RBO a FL80 o superior. Virar a la derecha para seguir RDL-079 RBO directo a cruzar PINAR a FL130 o superior. Virar a la derecha para seguir RDL-359 CJN directo a DVOR/DME CJN. Pendiente mínima de ascenso 6,5% hasta abandonar FL70. Autorización inicial ATC: Mantener FL130 y solicitar cambio de nivel en ruta.
- **SALIDA PINAR UNO ZULU (PINAR1Z).** (Salida para aeronaves turbohélices). Sujeta a autorización ATC. Subir en rumbo magnético 018° directo a cruzar 5 DME BRA a 2400 ft o superior. Virar a la derecha para seguir ruta magnética 094° NDB ACD para interceptar y seguir RDL-200 RBO directo a cruzar DVOR/DME RBO a FL80 o superior. Virar a la derecha para seguir RDL-079 RBO directo a cruzar PINAR a FL130 o superior. Pendiente mínima de ascenso 6,5% hasta abandonar FL70. Autorización inicial ATC: Mantener FL130 y solicitar cambio de nivel en ruta.
- **SALIDA NANDO UNO ZULU (NANDO1Z).** Sujeto a la actividad de LED94. (Salida para aeronaves turbohélices). Sujeta a autorización ATC. Subir en rumbo magnético 018° directo a cruzar 5 DME BRA a 2400 ft o superior. Virar a la derecha para seguir ruta magnética 094° NDB ACD hasta

**Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a
MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)**

interceptar RDL-356 PDT. Virar a la derecha para seguir RDL-001 PDT directo a cruzar DVOR/DME PDT a FL130 o superior. Virar a la izquierda para seguir RDL-118 PDT directo a cruzar 37 DME PDT. Virar a la izquierda para seguir RDL-092 TLD directo a NANDO. Pendiente mínima de ascenso 6,5% hasta abandonar FL70. Autorización inicial ATC: Mantener FL130 y solicitar cambio de nivel en ruta.

- **SALIDA NASOS UNO ZULU (NASOS1Z).** Sujeto a la actividad de LED94. (Salida para aeronaves turbohélices). Sujeta a autorización ATC. Subir en rumbo magnético 018° directo a cruzar 5 DME BRA a 2400 ft o superior. Virar a la derecha para seguir ruta magnética 094° NDB ACD hasta interceptar RDL-356 PDT. Virar a la derecha para seguir RDL-001 PDT directo a cruzar DVOR/DME PDT a FL130 o superior. Virar a la izquierda para seguir RDL-167 PDT directo a NASOS. Pendiente mínima de ascenso 6,5% hasta abandonar FL70. Autorización inicial ATC: Mantener FL130 y solicitar cambio de nivel en ruta.
- **SALIDA TEMIR UNO ZULU (TEMIR1Z).** Sujeto a la actividad de LED94. (Salida para aeronaves turbohélices). Sujeta a autorización ATC. Subir en rumbo magnético 018° directo a cruzar 5 DME BRA a 2400 ft o superior. Virar a la derecha para seguir ruta magnética 094° NDB ACD hasta interceptar RDL-356 PDT. Virar a la derecha para seguir RDL-001 PDT directo a cruzar DVOR/DME PDT a FL130 o superior. Virar a la izquierda para seguir RDL-118 PDT directo a TEMIR. Pendiente mínima de ascenso 6,5% hasta abandonar FL70. Autorización inicial ATC: Mantener FL130 y solicitar cambio de nivel en ruta.
- **SALIDA BARAHONA UNO WHISKEY (BAN1W).** Subir en rumbo de pista hasta alcanzar 5 DME BRA para interceptar y seguir RDL-003 BRA directo a cruzar 12 DME BRA a 4500 ft o superior. Virar a la derecha para seguir RDL-239 RBO directo a cruzar DVOR/DME RBO a FL80 o superior. Proceder por RDL-228 BAN directo a VOR/DME BAN. Pendiente mínima de ascenso 5,5% hasta abandonar FL80. Autorización inicial ATC: Mantener FL130 y solicitar cambio de nivel en ruta.
- **SALIDA CASTEJON UNO WHISKEY (CJN1W).** Subir en rumbo de pista hasta alcanzar 5 DME BRA para interceptar y seguir RDL-003 BRA

**Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a
MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)**

directo a cruzar 12 DME BRA a 4500 ft o superior. Virar a la derecha para seguir RDL-239 RBO directo a cruzar DVOR/DME RBO a FL80 o superior. Virar a la derecha para seguir RDL-079 RBO directo a cruzar PINAR a FL130 o superior. Virar a la derecha para seguir RDL-359 CJN directo a DVOR/DME CJN. Pendiente mínima de ascenso 5,5% hasta abandonar FL80. Autorización inicial ATC: Mantener FL130 y solicitar cambio de nivel en ruta.

- **SALIDA PINAR UNO WHISKEY (PINAR1W).** Subir en rumbo de pista hasta alcanzar 5 DME BRA para interceptar y seguir RDL-003 BRA directo a cruzar 12 DME BRA a 4500 ft o superior. Virar a la derecha para seguir RDL-239 RBO directo a cruzar DVOR/DME RBO a FL80 o superior. Virar a la derecha para seguir RDL-079 RBO directo a cruzar PINAR a FL130 o superior. Pendiente mínima de ascenso 5,5% hasta abandonar FL80. Autorización inicial ATC: Mantener FL130 y solicitar cambio de nivel en ruta.
- **SALIDA NANDO UNO YANKEE (NANDO1Y).** Sujeto a la actividad de LED94. Subir en rumbo de pista hasta alcanzar 5 DME BRA para interceptar y seguir RDL-003 BRA directo a cruzar 12 DME BRA a 4500 ft o superior. Virar a la derecha para seguir RDL-239 RBO directo a cruzar 10 DME RBO a FL70 o superior. Virar a la derecha directo a cruzar VOR/DME VJZ a FL90 o superior. Proceder por RDL-001 PDT directo a cruzar DVOR/DME PDT a FL130 o superior. Virar a la izquierda para seguir RDL-118 PDT directo a cruzar 37 DME PDT para seguir RDL-092 TLD directo a NANDO. Pendiente mínima de ascenso 5,5% hasta abandonar FL80. Autorización inicial ATC: Mantener FL130 y solicitar cambio de nivel en ruta.
- **SALIDA NASOS UNO YANKEE (NASOS1Y).** Sujeto a la actividad de LED94. Subir en rumbo de pista hasta alcanzar 5 DME BRA para interceptar y seguir RDL-003 BRA directo a cruzar 12 DME BRA a 4500 ft o superior. Virar a la derecha para seguir RDL-239 RBO directo a cruzar 10 DME RBO a FL70 o superior. Virar a la derecha directo a cruzar VOR/DME VJZ a FL90 o superior. Proceder por RDL-001 PDT directo a cruzar DVOR/DME PDT a FL130 o superior. Virar a la izquierda para seguir RDL-167 PDT directo a NASOS. Pendiente mínima de ascenso 5,5% hasta abandonar

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

FL80. Autorización inicial ATC: Mantener FL130 y solicitar cambio de nivel en ruta.

- **SALIDA TEMIR UNO YANKEE (TEMIR1Y).** Sujeto a la actividad de LED94. Subir en rumbo de pista hasta alcanzar 5 DME BRA para interceptar y seguir RDL-003 BRA directo a cruzar 12 DME BRA a 4500 ft o superior. Virar a la derecha para seguir RDL-239 RBO directo a cruzar 10 DME RBO a FL70 o superior. Virar a la derecha directo a cruzar VOR/DME VJZ a FL90 o superior. Proceder por RDL-001 PDT directo a cruzar DVOR/DME PDT a FL130 o superior. Virar a la izquierda para seguir RDL-118 PDT directo a TEMIR. Pendiente mínima de ascenso 5,5% hasta abandonar FL80. Autorización inicial ATC: Mantener FL130 y solicitar cambio de nivel en ruta.

LLEGADAS NORMALIZADAS POR INSTRUMENTOS (STAR)

○ PISTAS 33L/33R. [Ref. 4.2.9] (*Véase Anexo13*)

- **LLEGADA BARAHONA DOS DELTA (BAN2D).** Tránsito procedente de: R-10, UN-10, UN-857. VOR/DME BAN, PINAR, DVOR/DME CJN, CANES (IAF).
- **LLEGADA BARAHONA DOS ECHO (BAN2E).** B-RNAV. Tránsito procedente de: R-10, UN-10, UN-857. VOR/DME BAN, PINAR, 40°20'26"N 002°44'56"W (RDL-082 PDT/ 28 DME PDT), CANES (IAF).
- **LLEGADA TERSA UNO BRAVO (TERSA1B).** Tránsito procedente de: W/UW-96, W/UW-100. TERSA, DVOR/DME CJN, CANES (IAF).
- **LLEGADA PRADO UNO BRAVO (PRADO1B).** B-RNAV. Tránsito procedente de: A-33, UN-733. PRADO, VILLA, CANES (IAF).
- **LLEGADA VILLA UNO BRAVO (VILLA1B).** B-RNAV. Tránsito procedente de: A-31, UL-150. VILLA, CANES (IAF).
- **LLEGADA PRADO UNO CHARLIE (PRADO1C).** Tránsito procedente de: A-33, UN-733. PRADO, DVOR/DME CJN, CANES (IAF).
- **LLEGADA VILLA UNO CHARLIE (VILLA1C).** Tránsito procedente de: A-31, UL-150. VILLA, DVOR/DME CJN, CANES (IAF).

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

- **LLEGADA BOGAS UNO BRAVO (BOGAS1B).** B-RNAV. Tránsito procedente de: R-10, UN-10. BOGAS, 40°06'12"N 003°52'43"W (RDL-253 PDT/26 DME PDT), PARLA (IAF).
- **LLEGADA VILLATOBAS DOS BRAVO (VTB2B).** Tránsito procedente de: A-871, B-11, R-10, UN-10, UN-865, UN-871. VOR/DME VTB, RDL-318 VTB, RDL-253 PDT, PARLA (IAF).
- **LLEGADA BOGAS UNO CHARLIE (BOGAS1C).** Tránsito procedente de: R-10, UN-10. BOGAS, VOR/DME VTB, RDL-318 VTB, RDL-253 PDT, PARLA (IAF).
- **LLEGADA TOLEDO DOS BRAVO (TLD2B).** Tránsito procedente de: G-7, W/UW-103, UN-858. VOR/DME TLD, PARLA (IAF).
- **LLEGADA ZAMORA UNO DELTA (ZMR1D).** Tránsito procedente de: A-33, A-43, R-107, UL-155, UM-30, UN-733. VOR/DME ZMR, AVILA, DVOR/DME NVS, RDL-136 NVS, RDL-253 PDT, PARLA (IAF). NOTA: Utilizable previa autorización ATC excepto para aeronaves sin equipo RNAV y para aquellas aeronaves cuyo nivel de crucero sea FL160 o inferior.
- **LLEGADA ZAMORA DOS CHARLIE (ZMR2C).** B-RNAV. Tránsito procedente de: A-33, A-43, R-107, UL-155, UM-30, UN-733. VOR/DME ZMR, MANKA, COTOS, 40°06'12"N 003°52'43"W (RDL-253 PDT/ 26 DME PDT), PARLA (IAF).
- **LLEGADA ORBIS DOS BRAVO (ORBIS2B).** Tránsito procedente de: B-42, W/UW-98, UN-864. ORBIS, DVOR/DME CNR, RDL-194 CNR, RDL-253 PDT, PARLA (IAF).

Las **aerovías** son: Clase C: Aerovías en la FIR/UIR Madrid entre FL195 y FL460. Clase E: Aerovías en la FIR Madrid desde MEA a FL195. Excepto cuando se encuentren dentro de un espacio aéreo de clasificación superior (A, B, C o D) que tendrán la clasificación de dicho espacio aéreo.

APROXIMACIONES EN LAS PISTAS 33R Y 33L

La aproximación a la pista 33L y 33R se realiza mediante dos IAF llamados PARLA y CANES. Situándose PARLA a 21 DME PDT y cuyas coordenadas son:

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

40°07'54''N, 003°46'35''W, y CANES situado a 22.97 DME PDT y con unas coordenadas de 40°19'35''N, 002°51'25''W.

En la pista 33L el IF está situado en PDT (40°15'10''N, 003°20'52''W), desde este punto se alinea con la pista para interceptar la senda del ILS. En cambio en la aproximación a la pista 33R se sitúa a 12.34 DME ILS y a 12.76 DME BRA (40°18'39''N, 003°22'17''W). Desde estos puntos las aeronaves a 5000ft de altura alcanzarán la senda en los FAP situados a 9.46 DME ILS (40°20'18''N, 003°25'39''W) en el caso de la pista 33L, y en el caso de los aterrizajes a la pista 33R a 9.61 DME ILS y a 12.76 DME BRA (40°18'39''N, 003°22'17''W).

La aproximación frustrada de la 33L es como se describe a continuación: Contactar con ATC antes de alcanzar 4000ft y continuar según instrucciones. Subir rumbo de pista hasta 1.00 DME BRA para virar a la izquierda y seguir RDL 313 BRA hasta 6.40-DME BRA, virar a la izquierda (IAS máxima en viraje 185Kts) para interceptar y seguir RDL-274 SSY hasta 9.00 DME SSY y alcanzar 4000ft. Virar a la izquierda (IAS máxima en viraje 220Kts) para interceptar y seguir RDL-194 CNR directo al NDB GE para integrarse en la espera a 5000ft. (*Véase anexo 13 carta 6*)

En cuanto a la aproximación frustrada en la pista 33R se sube rumbo de pista hasta 3.00 DME ILS para virar a la izquierda (IAS máxima en viraje 185Kts) para seguir rumbo magnético 288° hasta interceptar y seguir RDL-274 SSY hasta 9.00 DME SSY y alcanzar 4000ft. Virar a la izquierda (IAS máxima en viraje 220Kts) para interceptar y seguir RDL-194 CNR directo a NDB GE para integrarse a la espera a 6000ft. (*Véase anexo 13 carta 7*)

2.2.- DISEÑO DEL TMA:

2.2.1.- REQUISITOS OPERACIONALES:

Se realizarán los diseños para que una aeronave llegada desde cualquier punto de entrada al TMA pueda realizar la aproximación y el aterrizaje a ambas pistas de forma independiente. Esto permitirá una mayor operatividad del aeropuerto y podría aumentar con ello la capacidad del mismo.

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

El diseño se comenzará a realizar desde los puntos de entrada al TMA, donde se comenzarán a construir las rutas de entrada, esto hará que no se vean modificadas todas las rutas exteriores permitiendo así una adaptación de este diseño con los existentes en la actualidad.

Las rutas deberán ser lo más directas posibles ya que la propia definición de la navegación de área lo indica, reduciendo con ello tiempos en los viajes, distancias y una importante reducción en el consumo de combustible que es un factor importante en el transporte aéreo debido al constante aumento del precio del mismo.

2.2.2.- REGLAS GENERALES

- Se deben diseñar los procedimientos RNAV, con el menor número de *waypoint* posibles, sin espacios en blanco en las rutas o discontinuidades.
[Ref. 4.1.3]
- Se debe utilizar un waypoint en:
 - En el final de cada ruta RNAV.
 - En puntos donde la ruta cambia de rumbo.
 - En puntos donde se aplican o se crean restricciones de velocidad.
 - En puntos donde se aplican o se crean restricciones en la altitud de vuelo.
 - En esperas.
 - En otros puntos que implican beneficios operacionales.
- Debe utilizarse *fly-by* siempre que sea posible
- Debe utilizarse *fly-over* solo cuando sea necesario debido a los requisitos operacionales, pero nunca pueden ser un IF o un FAF.
- Los *waypoint* RNAV deben definirse en coordenadas WGS84 en longitud y latitud con la exactitud siguiente:
 - Umbrales de las pistas en 1/100 de segundo.
 - MAPt en 1/100 de segundo.
 - Todos los demás *waypoints* en 1/10 de segundo.

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

2.2.3.- LLEGADAS, BARAJAS CONFIGURACIÓN NORTE CON PRNAV.

En primer lugar, para proceder con el diseño de las rutas de entrada se buscan los puntos actuales de entrada al TMA, como se ha indicado en el apartado 2.2.1, dando como resultado los puntos que se muestran en la tabla 2.2.1.

Tabla 2.2.1.- Puntos de entrada al TMA de MADRID

Punto	LONGITUD	LATITUD
1	002° 32' 25" W	41° 27' 45" N
2	003° 36' 22" W	41° 14' 18" N
3	003° 40' 58" W	41° 09' 25" N
4	003° 55' 27" W	40° 53' 29" N
5	004° 03' 40" W	40° 43' 55" N
6	004° 14' 11" W	40° 31' 34" N
7	004° 19' 12" W	40° 25' 38" N
8	004° 21' 04" W	40° 22' 43" N
9	004° 22' 47" W	39° 58' 56" N
10	004° 21' 44" W	39° 58' 01" N
11	004° 21' 34" W	39° 57' 52" N
12	003° 31' 14" W	39° 44' 00" N
13	003° 29' 15" W	39° 44' 00" N
14	003° 28' 04" W	39° 44' 00" N
15	002° 51' 27" W	39° 44' 00" N
16	002° 30' 38" W	40° 00' 19" N
17	002° 13' 02" W	40° 02' 01" N
18	002° 06' 00" W	40° 11' 08" N
19	002° 06' 00" W	40° 30' 06" N
20	002° 06' 00" W	40° 45' 25" N

Todos los puntos del TMA, los *waypoints*, se han establecido como *Fly-by*, es recomendable utilizar este tipo de *waypoints* siempre que sea posible dentro del área terminal, exceptuando en puntos tales como el MAPt que este es siempre un *Fly-over* [Ref. 4.1.3]

Para conseguir que las rutas tengan la mínima distancia posible, en algunos casos se ha utilizado unos puntos de paso para cambiar el rumbo y dirigirse finalmente a los IAF (el primer punto de unión entre las transiciones y las rutas de entrada). Se ha tenido en cuenta para el diseño que el cambio de rumbo de una ruta no podrá ser mayor de 120° y la distancia mínima que debe existir entre dichos cambios de rumbo debe ser la que permita a la aeronave estabilizarse para realizar el siguiente cambio de rumbo,

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

siguiendo las reglas expresadas en el apartado 2.2.2. Obteniendo así los puntos MD013, MD014, MD015, MD016, MD017, MD018 y MD019.

El diseño de la STAR consta de 16 aerovías cuyo aterrizaje se realiza en la pista 33L y 17 en las que se puede aterrizar en la pista 33R, empezando en los puntos de entrada al TMA y terminando en los distintos IAF, en la tabla 2.2.2 y 2.2.3 se indican dichas rutas así como su distancia y rumbo en cada tramo. (Véase *Anexo I*). De todos los puntos de entrada sale una ruta para realizar la aproximación en cada una de las pistas, excepto en los siguientes *waypoints*:

- MD007, que salen dos aerovías para realizar la aproximación a la pista 33L, debido a que si la altitud y el tráfico lo permitieran se podría realizar una aproximación directa al punto MD037 sin tener la necesidad de ir a MD050 para realizar desde allí la misma, reduciendo a la mitad el tiempo, la distancia y por lo tanto el coste debido al consumo de combustible.
- MD011 Y MD010, saliendo de éstos dos aerovías para realizar la aproximación a la pista 33R, ya que para realizar la aproximación a la pista 33L tiene que pasar por el *waypoint* MD019 permitiendo con éste un mejor reparto del tráfico.

Tabla 2.2.2.- Rutas de entrada cuya aproximación la realizan en la pista 33L.

Rutas de entrada	Tramo	Longitud [NM]	Dirección [grados]
MD001-Transición pista 33L	MD001-MD015	61	235
	MD015-MD046	25.3	195
MD002-Transición pista 33L	MD002-MD015	23.6	183
	MD015-MD046	25.3	195
MD003-Transición pista 33L	MD003-MD015	19	173
	MD015-MD046	25.3	195
MD004-Transición pista 33L	MD004-MD015	14.5	104
	MD015-MD046	25.3	195
MD005-Transición pista 33L	MD005-MD016	19.9	167
	MD016-MD046	9.6	86
MD006-Transición pista 33L	MD006-MD016	15.2	120
	MD016-MD046	9.6	86
NVS-Transición pista 33L	NVS-MD016	14.4	83
	MD016-MD046	25.3	195
TLD-Transición pista 33L	TLD-MD047	33.4	47
VTB-Transición pista 33L	VTB-MD050	26.8	343
MD007-Transición pista 33L-1	MD007-MD050	46.4	310
MD007-Transición pista 33L-2	MD007-MD037	26.7	325
MD008-Transición pista 33L	MD008-MD019	12.8	283
	MD019-MD037	19.8	280

**Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a
MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)**

MD009-Transición pista 33L	MD009-MD008	13.6	265
	MD008-MD019	12.8	283
	MD019-MD037	19.8	280
MD010-Transición pista 33L	MD010-MD019	32.5	257
	MD019-MD037	19.8	280
MD011-Transición pista 33L	MD011-MD019	41.6	231
	MD019-MD037	19.8	280
MD012-Transición pista 33L	MD012-MD015	69	227
	MD015-MD021	25.3	195

Tabla 2.2.3.- Rutas de entrada cuya aproximación la realizan en la pista 33R.

Aerovías cuyo aterrizaje se realiza en la 33R	Tramo	Longitud [NM]	Dirección [grados]
MD001-Transición pista 33R	MD001-MD013	61.9	201
	MD013-MD021	13.3	232
MD002-Transición pista 33R	MD002-MD014	33.6	168
	MD014-MD020	12.9	170
MD003-Transición pista 33R	MD003-MD014	30.2	159
	MD014-MD020	13.3	232
MD004-Transición pista 33R	MD004-MD014	25.3	119
	MD014-MD020	12.9	170
MD005-Transición pista 33R	MD005-MD014	29.7	97
	MD014-MD020	12.9	170
MD006-Transición pista 33R	MD006-MD017	36.2	162
	MD017-MD018	35.2	94
	MD018-MD026	10.3	11
NVS-Transición pista 33R	NVS-MD017	28	153
	MD017-MD018	35.2	94
	MD018-MD026	10.3	11
TLD-Transición pista 33R	TLD-MD017	18.1	94
	MD017-MD018	28	153
	MD018-MD026	10.3	11
VTB-Transición pista 33R	VTB-MD018	16.5	54
	MD018-MD026	10.3	11
MD007-Transición pista 33R	MD007-MD026	26.8	332
MD008-Transición pista 33R	MD008-MD019	12.8	283
	MD019-MD026	17.4	287
MD009-Transición pista 33R	MD009-MD008	13.6	265
	MD008-MD019	12.8	283
	MD019-MD026	17.4	287
MD010-Transición pista 33R-1	MD010-MD019	32.5	257
	MD019-MD026	17.4	287
MD010-Transición pista 33R-2	MD010-MD013	43.6	296
	MD013-MD021	13.3	232
MD011-Transición pista 33R-1	MD011-MD013	40.4	271
	MD013-MD021	13.3	232

**Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a
MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)**

MD011-Transición pista 33R-2	MD011-MD019	41.6	231
	MD019-MD026	17.4	287
MD012-Transición pista 33R	MD012-MD013	43.5	250
	MD013-MD021	13.3	232

En los primeros diseños realizados no se incluía el *waypoint* MD019 siendo un punto de paso que permitía el acceso sólo a la pista 33L desde el punto de entrada al TMA MD011, pero se pensó que sería más ventajoso esta modificación para que se pudieran realizar aproximaciones a ambas pistas desde las rutas cuyos puntos de entrada son MD011, MD010, MD009 Y MD008, reduciendo así el número de cruces entre distintas aerovías. Otro *waypoint* fue reubicado, el MD013, para que el cambio de rumbo que experimentan las rutas que pasan por dicho *waypoint* se vea reducido y facilite así su maniobra, otra razón a este respecto es, que en caso de necesitar una maniobra directa desde el punto de entrada MD009 al punto de paso MD013, debido a una posible congestión de la otra vía de acceso para realizar la aproximación, que anteriormente no se podría haber realizado a causa de que el ángulo de cambio de rumbo era superior a 120°. (Véase *Anexo2 Diseño inicial carta de llegada normalizada. (STAR) RNAV_{DME/DME} RWY 33L/33R*)

DETERMINACIÓN DE LAS ALTURAS DE VUELO

El nivel de vuelo superior por donde se puede operar dentro del TMA de Madrid es FL 245, por lo tanto la altura mayor que puede tener cualquier punto de éste será 24500ft. Partiendo de dicho dato se calcularán las posibles alturas de vuelo, en el que los valores mínimos serán los impuestos por la cobertura radar (véase *Anexo3 carta de llegada normalizada. RNAV_{DME/DME} RWY 33L/33R y cobertura radar*) y los obstáculos, ya que la vigilancia radar será necesaria en todos los puntos de la ruta. Los máximos serán los niveles de vuelo que permitan a la aeronave descender con seguridad para poder alcanzar en MD032 y MD031, 4000ft y 5000ft respectivamente, para realizar la aproximación, y en caso de que este valor supere el techo del TMA el nivel de vuelo máximo sería 24500ft.

Los cálculos para obtener el nivel de vuelo máximo se realizarán teniendo en cuenta una pendiente de descenso del 5% fuera de las transiciones y una pendiente de descenso 365m/min de alejamiento y 230m/min de acercamiento en éstas. Se han

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

tomado como pendientes de descenso los correspondientes a una maniobra de hipódromo de una aeronave de categoría D, ya que las transiciones en P-RNAV, son la sustitución de las esperas y de la aproximación inicial, y los hipódromos son un tipo de maniobras que se realizan en esta última. [Ref. 4.9]

En el caso de los cálculos dentro de las transiciones serán necesarias la velocidad y la distancia recorrida con dicha velocidad, teniendo en cuenta si es en alejamiento o en acercamiento. Para obtener el tiempo y con éste, lo que podrá descender una aeronave multiplicando por la pendiente de descenso en el hipódromo. Al resultado de dicha multiplicación hay que sumarle 4000ft en caso de dirigirse a la pista 33L y 5000ft si es a la 33R. Para los tramos de las rutas que se encuentran fuera de las transiciones bastara con que se multiplique la distancia que recorre por la pendiente.

A continuación se pondrá un ejemplo que servirá de muestra de cómo se realiza el cálculo. (*Para el resto de resultados véase Anexo4*).

La ruta cuyo punto inicial es MD001 y que aterriza en la pista 33L. La distancia hasta el IAF (MD046) es de 86.3NM, que multiplicado por la pendiente de descenso de un 5% hacen un total de 4.315NM (26218ft), que es lo que una aeronave podría descender en ese tramo. En cuanto a la transición tenemos dos etapas, una de 31NM de alejamiento y 12NM de acercamiento, que a una velocidad de 220Kts, ya que es la velocidad máxima permitida en este tramo, tardará 8.45 minutos y 3.27 minutos respectivamente. Por lo tanto se obtendrá una distancia de descenso al multiplicarlo por las pendientes de 365m/min en alejamiento y 230m/min en acercamiento, de 3836m (12585ft). Sumando ambas cifras mas los 4000ft que es la altura a la que se realiza la aproximación, hacen un total de 42803ft.

La carta, resultado de todo lo descrito con anterioridad, es la denominada carta de llegada normalizada. (STAR) RNAV_{DME/DME} RWY 33L/33R que puede encontrarse en el Anexo 1 de este documento.

2.2.4.- TRANSICIONES CON PRNAV.

La transición son unas zonas que facilitan la gestión del tráfico a los controladores, ya que encamina a las aeronaves para realizar la aproximación. Si

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

hubiera poco tráfico, las dirigiría directamente a realizar la aproximación, en lugar de alargar a ésta durante toda la transición, y en el caso de que hubiera mucho flujo de aeronaves, el controlador podría ir separando las aeronaves dando mayor alejamiento a las que vienen detrás y así conseguir una separación que garantice un aterrizaje seguro y un máximo aprovechamiento de la capacidad.

Debido a las razones anteriores, las transiciones sustituyen a las esperas existentes en la actualidad, luego en el diseño de las mismas se deberá tener en cuenta este aspecto, y permitir que la aeronave pueda estar en el aire el tiempo necesario y de forma segura, esperando hasta que pueda realizar el aterrizaje y en caso de que éste no fuera posible poder dirigirse al aeropuerto alternativo, que es lo que sucede en la actualidad con las esperas. La aeronave pierde tiempo dando vueltas para facilitar la gestión del tráfico, que suele ser como máximo de unos 30 minutos, siendo la duración de una vuelta de unos 4 minutos, y si no puede realizar el aterrizaje se dirigirá al aeropuerto alternativo, como se ha mencionado anteriormente.

Primeramente se pensó que ambas transiciones, las de la pista 33L y la de la 33R, estuvieran compuestas por 12 NM de alejamiento y otras 12 NM de acercamiento separadas por 6NM, puestas de forma simétrica, las de la pista derecha con respecto a las de la izquierda. Pero analizando los tiempos que la aeronave estaría en espera se introdujeron otras etapas en alejamiento y acercamiento en una de las pistas de 19NM y 13 NM respectivamente, para ampliar dichos tiempos de espera.

En la tabla 2.2.4 y 2.2.5 se observa el tiempo máximo que puede estar en espera una aeronave en la transición de la pista 33R son 9.11 minutos, y de 20.68 minutos en la 33L. Estos resultados se obtuvieron sumando las distancias recorridas y dividiéndolas entre 220Kts que es la velocidad máxima que se permite una vez cruzado el IAF.

Tabla 2.2.4.- Tiempo de espera de las transiciones pista 33R (V = 220kts)

Waypoint en el que realiza el viraje	Tiempo en el que se recorre la transición [min]
MD022	4.2
MD023	5.84
MD024	7.48
MD025	9.11

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

Tabla 2.2.5.- Tiempo de espera de las transiciones pista 33L (V = 220Kts)

Waypoint en el que se realiza el primer viraje	Waypoint en el que se realiza el segundo viraje	Tiempo en el que se recorre la transición [min]
MD049	MD042	9.5
MD048	MD042	12.2
MD047	MD042	13.86
MD049	MD041	11.14
MD048	MD041	13.86
MD047	MD041	15.5
MD049	MD040	13.05
MD048	MD040	15.77
MD047	MD040	17.41
MD049	MD039	14.69
MD048	MD039	17.4
MD047	MD039	19
MD049	MD038	16.32
MD048	MD038	19.04
MD047	MD038	20.68

La separación de *waypoint* se obtuvo pensando en que la mínima separación radar es de 3NM, luego nunca puede ser menor de esta cifra. El valor máximo se obtendrá dejando una separación por estela turbulenta, que aconseja que sea de 2 minutos entre:

- 1) B-757 seguido de una aeronave pesada.
- 2) Aeronave media seguida de una aeronave pesada.
- 3) Aeronave ligera seguida de una aeronave pesada.
- 4) Aeronave ligera seguida de un B-757.
- 5) Aeronave ligera seguida de una aeronave media.
- 6) Aeronave media seguida de un B-757.

Se hace una caracterización especial con el B-757 a causa de que este posee unas características especiales en cuanto a estela turbulenta, ya que se la considera como aeronave pesada cuando va delante de una aeronave media o ligera y se considera como aeronave media cuando va detrás de una pesada.[Ref. 4.2.8]

Se aplica separación por estela turbulenta en los siguientes casos [Ref. 4.10]:

- Una aeronave vuela inmediatamente detrás de otra, a la misma altitud o a menos de 300m (1000ft) por debajo.

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

- Cuando las dos aeronaves utilizan la misma o pistas paralelas distantes menos de 760m (2500ft).
- Cuando una aeronave cruza la estela de otra aeronave a la misma altitud o a menos de 300m (1000ft) por debajo.

Se define aeronave pesada como la que tiene un MTOW de 136000Kg o superior, una aeronave de categoría media si está entre 136000Kg y 7000Kg de MTOW y ligera si es inferior a 7000Kg. Teniendo una rango de velocidades en aproximación inicial y final de [Ref. 4.9]:

- **Ligera:** 90/150Kts-120/180Kts en aproximación inicial y 70/100Kt-85/130Kts en aproximación final.
- **Media:** 160/240Kts-185/250Kts en aproximación inicial y 115/160Kt-130/185Kts en aproximación final.
- **Pesada:** 185/250Kts en aproximación inicial y 155/230Kts en aproximación final.

Se analizarán si respetarían las separación de dos minutos en todos los casos anteriormente expuestos (véanse Anexo5). Dicho análisis se efectuará teniendo en cuenta que la aeronave precedente entra en la transición cuando la aeronave que se encuentra delante comienza el giro para interceptar la etapa de alejamiento. Las velocidades a las que realizaran la transición serán 180Kts, 220Kts y 220Kts para las aeronaves de clase ligeras, media y pesadas respectivamente, a causa de que la velocidad máxima permitida en TMA de Madrid a partir del IAF es de 220Kts.

En el caso de que fuese una aeronave ligera delante y una pesada detrás, se estudiará cual será la separación si se deja el primer tramo 5NM y el segundo 6NM. La aeronave pesada tendrá que recorrer una distancia total de 17.2NM hasta situarse en el comienzo de la etapa de alejamiento, siendo la suma de: 5NM del primer tramo del acercamiento, 4.5 del segundo tramo del acercamiento ya que se anticipa al giro debido a que el *waypoint* es un *fly-by* y observando en las tablas del *anexo 9* obtenidas de la referencia [4.1.3], con un alabeo de 25°, una velocidad de 220Kts y un ángulo de cambio de rumbo de 90°, se tiene una distancia de anticipación de 1.5NM, más 2.35NM del giro, ya que el radio de viraje es de 1.5NM y el ángulo que vira es 90°, junto con las

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

3NM en las que la aeronave está estabilizada en el giro y los 2.35NM del siguiente giro de 90° para situarse finalmente en el alejamiento.

La distancia de 17.2NM la recorre la aeronave pesada en 4.7 minutos, la aeronave ligera en ese tiempo ha recorrido 14.1NM. La distancia que tiene q recorrer esta ultima para ubicarse en el tramo de viento en cola es de 7.14NM, mirando en las tablas del *anexo 9*, con una velocidad de 180 y un ángulo de viraje de 90°, como se realizó anteriormente. Por lo tanto la aeronave ligera estará a 11.46NM de la aeronave pesada. Se tendrá que comprobar a continuación que la separación entre ambas nunca excede de 2 minutos convirtiéndose este tiempo en distancia utilizando la velocidad de 220Kts que es la más restrictiva y es de 7.33NM, se observa que cada dos minutos la aeronave pesada le reduce 1.33NM, luego podrá aguantar unos 6 minutos, manteniendo la separación correcta y en este tiempo la ligera recorre 18.6NM, entonces se cumpliría ya que para realizar la aproximación a la aeronave ligera la restan solo 10NM.

En lugar de 6NM en el segundo tramo se realizó con 5 para comprobar si también existiría separación entre ambas mayor de 2 minutos, se utilizo el mismo método dando como resultado una distancia excedente en la separación ya que tendría 5 minutos de seguridad y con esto es capaz de aterrizar con más de dos minutos de separación. (*Véase Anexo5 carta 1/3*)

A continuación se realizará el análisis en el que están implicadas todos los tipos de aeronaves viendo si estas también cumplen este tipo de separación, se tendrá una aeronave ligera, seguida de una aeronave media y ésta después de una pesada. La separación entre ligera y mediana seria igual que la realizada anteriormente, ya que la velocidad máxima de las aeronaves medianas es la misma que las de las aeronaves pesadas en las transiciones del TMA de Madrid. Entonces solo estudiaremos la separación entre aeronaves medianas y pesadas, que cumplen un diseño del tercer tramo de alejamiento de 3NM debido a que como ambas llevan la misma velocidad sólo necesitan una separación de 7.33NM (separación de 2 minutos a 220Kts). (*Véase Anexo5 cartas 2/3 y 3/3*).

**2.2.5.- APROXIMACIONES ILS SIMULTÁNEAS, INDEPENDIENTES A
LAS PISTAS 33R Y 33L:**

**FACTORES QUE AFECTAN A LAS OPERACIONES INSTRUMENTALES
SIMULTANEAS EN PISTAS PARALELAS**

Hay algunos procedimientos especiales que han sido decretados en estados usando aproximaciones paralelas independientes. Para hacer que la tripulación aprecie la importancia de ejecutar maniobras precisas en la interceptación y la continuación del curso del localizador del ILS o MLS en el tramo final de la aproximación, se notifica a la tripulación antes del comienzo de la aproximación que se esta realizando una aproximación instrumental paralela simultanea. Este procedimiento también alerta a la tripulación a una posible maniobra inmediata de evasión (desbloqueo) en el caso de una desviación de una aeronave en la línea central adyacente.

Estudios teóricos indican que la capacidad máxima de llegadas se puede alcanzar mediante aproximaciones paralelas independientes, seguida por aproximaciones paralelas dependientes. Estos aumentos teóricos pueden, sin embargo, ser en la práctica perceptiblemente más bajos debido a las dificultades asociadas a la puesta en práctica real.

Otras teóricas reducciones de capacidad pueden presentarse a través de una ausencia de familiarización del piloto con los procedimientos en aeródromos donde hay proporción alta de vuelos no programados. La ausencia de familiarización puede también ser la causa de la selección incorrecta de las frecuencias ILS o MLS mientras que las dificultades en el idioma, en particular en la ausencia de habilidad con la lengua inglesa, puede presentar problemas de comunicación entre controladores y pilotos.

Cuando hay un avión que sale durante operaciones mezcladas o semi-mecladas, tienen que crearse huecos en las corrientes de aterrizajes. El efecto que esto produce es una reducción de la capacidad en las llegadas para acomodar las salidas y por lo tanto, es un factor crítico la determinación de la capacidad máxima de pista. También, cuando funcionan las salidas en la pista de aterrizaje la probabilidad de aproximaciones frustradas se incrementa con la correspondiente reducción de la capacidad.

Los factores que pueden afectar a la capacidad máxima o el deseo de operaciones en pistas paralelas simultáneas no están limitados a consideraciones de pista. La disposición de la pista de rodaje y la posición de las terminales de viajeros con respecto a las pistas que puede hacerlo necesario para el tráfico que cruza pistas activas, una situación que no sólo lleve a un retraso sino también a un descenso en el nivel de seguridad debido a la posibilidad de incursiones en la pista. El movimiento total en superficie debe ser cuidadosamente diseñado para cuando se determine la utilización de las pistas paralelas.

La decisión de implantar operaciones simultáneas debe tener en cuenta todos los factores anteriores así como otras restricciones, tales como consideraciones medioambientales. [Ref. 4.11]

APROXIMACIONES SIMULTÁNEAS

Aproximaciones paralelas independientes pueden ser conducidos a pistas paralelas a condición de que [Ref. 4.11]:

- La línea central de las pistas esté a una distancia especificada en el Anexo 14, Volumen I:
 - Donde las líneas centrales de las pistas estén separadas por 1525 m o más, siendo en Madrid/Barajas de 1980m, y el radar de vigilancia debe tener una exactitud mínima de 0,3 grados (un sigma) o mejor y un periodo de actualización de 5 segundos o menos.
- Ambas pistas equipadas de sistemas ILS o MLS.
- La ruta de la aproximación frustrada para una aproximación diverge al menos 30 grados de la ruta de aproximación frustrada de la aproximación adyacente.
- Un estudio de obstáculos y evaluación es completo, como apropiado, para las áreas adyacentes a los segmentos de aproximación final.
- Se avisará a las aeronaves de la identificación de la pista y de la frecuencia del localizador ILS o MLS tan pronto como sea posible.
- Se utilizará la vectorización radar para interceptar el curso del localizador del ILS o la ruta de aproximación final del MLS.

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

- Se establece una NTZ de por lo menos 610 m (2000 ft) de ancho equidistante entre la prolongación de las líneas centrales de las pistas y se representa en el monitor del radar. En el diseño del proyecto, el ancho de la superficie NTZ de 1012m y a ambos lados se encontrará una superficie NOZ 890m cada una. Siendo la NTZ una zona supervisada por radar que una aeronave no puede invadir, y la NOZ es la zona de operación normal de las aeronaves. (*Véase anexos I, 8-A y 8-B*)
- La separación de control radar supervisa las aproximaciones a cada pista y asegura que cuando se reduce la separación vertical a 300 m (1000 ft):
 - El avión no penetra en el NTZ representado.
 - La separación mínima longitudinal se mantiene entre el avión en el mismo curso del localizador del ILS o ruta de aproximación final del MLS.
- Si no hay canales de radio disponibles para que los controladores con el radar guíen el aterrizaje de una aeronave:
 - Transferir la comunicación de la aeronave a la respectiva frecuencia de control del aeródromo antes de que el avión más alto en la ruta adyacente de aproximación final intercepte la senda del ILS o el ángulo especificado de elevación del MLS.
 - El controlador radar supervisa las aproximaciones a cada pista proporcionando la capacidad de anular las comunicaciones del control del aeródromo, en los canales de radio de cada flujo de llegada.

Tan pronto como sea posible después de que una aeronave haya establecido comunicación con control de aproximación, la aeronave será avisada de que están en vigor las aproximaciones paralelas independientes. Esta información se puede transmitir a través del ATIS.

Siempre que se realicen aproximaciones paralelas, el controlador radar será el responsable de secuenciar y espaciar los aviones que lleguen a cada pista.

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

Cuando el vector intercepte el curso del localizador del ILS o el tramo de aproximación final del MLS, el vector final deberá permitir al avión interceptar estos con un ángulo no mayor de 30 grados y tener al menos 2km (1 NM) para realizar un vuelo recto y a nivel de vuelo constante. Los vectores también permitirán estabilizar en el curso del localizador del ILS o en el tramo de la aproximación final del MLS en un nivel de vuelo durante al menos 3,7km (2 NM) antes de interceptar la senda del ILS o el ángulo de elevación especificado del MLS.

Una separación vertical mínima de 300m (1000 ft) o, de acuerdo con el sistema radar y con las capacidades del monitor del radar, se proporcionará un mínimo de 5,6km (3 NM) de separación radar al menos hasta 19km (10 NM) desde el umbral hasta que el avión se estabiliza:

- En la entrada del curso del localizador del ILS y/o tramo de aproximación final del MLS.
- Sin la NOZ.

De acuerdo con el radar y las capacidades del monitor, se deben separar un mínimo de 5,6km (3 NM) entre un avión en el mismo curso del localizador del ILS o en el tramo de aproximación final del MLS a menos que el curso del localizador del ILS o tramo de aproximación final del MLS requieran un aumento de la separación longitudinal debido a la turbulencia de la estela o por otras razones.

Cada par de aproximaciones paralelas tiene un “lado alto” y un “lado bajo” debido a la vectorización radar, para proporcionar separación vertical hasta que la aeronave esta estabilizada en al entrada a su respectivo paralelo curso del localizador del ILS y/o tramo de aproximación final del MLS. El lado de baja altitud seria tal que el avión será estabilizado en el curso del localizador del ILS o en el tramo de la aproximación final del MLS antes de la interceptación de la senda del ILS o del ángulo de elevación especificado del MLS. El lado de alto debe estar 300 m (1000ft) sobre el lado bajo a menos hasta 19km (10 NM) desde el umbral.

Si se observa que un avión se desvía hacia el límite del NTZ, el regulador del tráfico, mandará al avión a volver inmediatamente al curso correcto del localizador del

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

ILS/tramo de aproximación final del MLS. Ahora se observa a un avión entrando en la NTZ, el regulador apropiado para la supervisión, mandará al avión en el curso adyacente del localizador del ILS o tramo de aproximación final del MLS para subir y girar inmediatamente a una altitud asignada y un rumbo para evitar la desviación de la aeronave. Ninguna instrucción del rumbo debe exceder de 45 grados la ruta asignada con el curso del localizador del ILS o el tramo de aproximación final del MLS. Donde se aplicará el criterio de las PAOAS para la evaluación de los obstáculos, el control de tráfico aéreo no deberá emitir la instrucción del rumbo a la aeronave por debajo de 120 m de la elevación del umbral.

La monitorización radar no se debe terminar hasta que:

- Se aplique la separación visual, los procedimientos establecidos se aseguran que ambos controladores con el radar están avisados si se aplica la separación visual.
- El avión ha aterrizado, o en el caso de una aproximación frustrada, esté al menos a 2km (1 NM) más allá del extremo de pista y la separación adecuada con cualquier otro tráfico existente.

2.2.5.1.- APROXIMACIÓN INTERMEDIA.

Se trata del tramo que permite efectuar el enlace entre las transiciones y el tramo de aproximación final, cuya longitud va desde el IF hasta el FAP.

En este tramo, la aeronave tiene que estar alineada con el eje de rumbo del localizador, la longitud óptima es de 9km (5NM). La distancia entre el punto de interceptación del rumbo del localizador y el de interceptación de la trayectoria debería ser suficiente para permitir a la aeronave estabilizarse y situarse en el eje del rumbo del localizador antes de interceptar la trayectoria de planeo, teniendo en cuenta el ángulo de interceptación del rumbo del localizador. La longitud máxima del tramo se determinará por el hecho de que debe estar situado totalmente dentro de los límites de utilización de la señal del localizador y, normalmente, a una distancia que no exceda de 46km (25 NM) desde la antena del localizador.

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

La anchura total, al comienzo del tramo de aproximación intermedia, está determinada por la anchura total de la transición y se reduce gradualmente hasta coincidir con el FAP con la distancia horizontal entre las superficies X de las OAS obtenidas. El área primaria se obtiene uniendo el área primaria de la transición con las superficies de la aproximación final (en el FAP). En el punto de enlace con la transición, la anchura de cada área secundaria equivale a la mitad de la anchura del área primaria y disminuye hasta cero al enlazar con las superficies de aproximación final.

El margen de franqueamiento de obstáculos, en el área primaria del tramo de aproximación intermedia se preverá un margen mínimo de 150m (492ft). En el área secundaria se preverá un margen de franqueamiento de obstáculos de 150m (492ft) en el límite interior, que disminuirá hasta anularse en el límite exterior. [Ref. 4.9]

Debido a todo lo expuesto anteriormente, se determinó como IF los puntos en los que la aeronave está en el rumbo de pista, separados 1000ft verticalmente ya que el IF de la pista 33R pertenece al lado alto y el IF de la pista 33L pertenece al lado bajo. Por lo tanto el IF de la pista 33L estará a 13 DME, cuyas coordenadas son: 40°17'30"N, 003°22'45"W y el IF de la pista 33R estará a 13 DME ILS y sus coordenadas son: 40°18'10"N, 003°21'43"W. Y ambos serán designados como Fly-by. [Ref. 4.1.3]

Como FAP, se han elegido los puntos de interceptación de la senda de descenso a la altitud de aproximación, es decir, 4000ft en el caso de la aproximación a la 33L y de 5000ft en el caso de la aproximación a la pista 33R. El FAP de la pista 33L está situado a 7.57 DME ILS, cuyas coordenadas son las siguientes: 40°21'44"N, 003°27'04"W y el FAP de la pista 33R está a 9.61 DME ILS, cuyas coordenadas son las siguientes: 40°20'49"N, 003°24'28"W. Los FAP serán al igual que ocurría con los IF waypoint de tipo Fly-by.

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

2.2.5.1.- APROXIMACIÓN FINAL.

Es el tramo que va desde el FAP, que como se ha dicho anteriormente estará en la intersección de la trayectoria de planeo nominal y la altitud mínima prescrita para el tramo precedente, normalmente no deberá estar situado a más de 19km (10NM) antes del umbral, hasta realizar el aterrizaje y en caso de que este no sea posible hasta el primer punto de la aproximación frustrada. En las aproximaciones de precisión, como es el caso, esta etapa está situada en el tramo de precisión junto con la frustrada inicial e intermedia.

Será necesario contar con un punto de referencia de radiobaliza exterior (OM o DME) para permitir la comparación entre la trayectoria de planeo indicada y la indicación del altímetro de a bordo. [Ref. 4.9]

Se realizará una evaluación de los obstáculos mediante las superficies OAS y las PAOAS. Primero se evaluarán las OAS de cada pista individualmente y finalmente se evaluarán las PAOAS ya que estas son más restrictivas y podrían penetrar obstáculos que en las OAS no lo hacían. (Véanse Anexos 6-A, 6-B y 7)

Las ecuaciones que definen las superficies OAS conociendo que la senda del ILS es de 3° y la distancia localizador/ umbral es de 3200m, son las que se muestran a continuación [Ref. 4.9]:

- Superficie W: $z = 0.0285x - 8.01$
- Superficie X: $z = 0.027986x + 0.184514y - 16.91$
- Superficie Y: $z = 0.024252x + 0.212726y - 21.78$
- Superficie Z: $z = -0.025x - 22.50$

Se buscarán los obstáculos de mayor altura y situados en estas superficies, comprobando que ninguno corta dichas superficies, ya que estas superficies no podrían ser penetradas por ninguno obstáculo.

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

En las OAS, evaluando la pista 33L se encuentra un obstáculo en la superficie Z con una altura de 2231ft, cuyas coordenadas son: -6951.331m (22806ft) en el eje X, considerando el signo negativo ya que es negativo en la dirección a la aproximación, siendo el origen de coordenadas el punto donde corta la senda con el suelo, y 325.14m en el eje Y, en este eje no es relevante el signo ya que el diseño de las OAS es simétrico respecto al eje X. A continuación se sustituye las coordenadas de este obstáculo en la ecuación de la superficie Z, para saber cual es la altura de ese punto del plano, dando como resultado 548ft luego es bastante mayor que el obstáculo que se encuentra a 298ft sobre el umbral, siendo la elevación de el umbral de la pista 33L de 1933ft (*Véase Anexo6-A*)

Ahora se procederá a realizar lo mismo pero con las superficies OAS de la pista 33R, en la cuál se observan dos obstáculos, uno en la superficie Z de 2172ft de altitud y otro en la superficie Y de 2231ft. El obstáculo de la superficie Z se encuentra en: -8513.54 en el eje X, 1306.29m en el eje Y. Introduciendo en la ecuación de la superficie resulta que ese punto está a 624ft sobre el umbral no siendo penetrada por el obstáculo ya que éste se encuentra a 286ft de dicho umbral, siendo la elevación del umbral de 1886. El obstáculo sobre la superficie Y (-7046.36, 2231.58), al introducirlas en la ecuación de esta superficie se observa que ese punto está a 925ft sobre el umbral, luego no penetrará la superficie ya que este tiene una altitud de 345ft. (*Véase Anexo6-B*)

Las PAOAS se definen mediante las superficies OAS junto con los puntos de intersección de estas superficies con las superficies P1 y P2 cuyas ecuaciones son las siguientes, indicándose en la tabla 2.2.6 las coordenadas de dichos puntos,:

- Superficie P1: $z = 0.05241x + 0.091y + 5$
- Superficie P2: $z = 0.091y + 15$

**Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a
MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)**

Tabla 2.2.6.- Coordenadas de los puntos que limitan las PAOAS

Punto	Superficies de intersección	Coordenada X [m]	Coordenada Y [m]	Coordenada Z [m]
F"	P1,Y, z = 300	3592.654066	1172.626378	300
G"	P2, P1, z = 300	190.8032818	3131.868132	300
H"	x = -12900, z = 300, P2	-12900	3131.868132	300
G" "	P1, P2, z = 600	190.8032818	6428.571429	600
C" "	x = 10807, P1, z = 600	10807	314.3420879	600
H" "	x = 12900, P2, z = 600	-12900	6428.571429	600

A continuación se evaluarán los obstáculos existentes en estas superficies, encontrando 3 obstáculos relevantes sobre alguna de sus superficies. El primero de 2172ft sobre la superficie Z (-8513.425252, 1312.721445) estando este punto en la superficie Z a 624.45ft sobre el umbral, por lo tanto, no penetra a la superficie ya que éste está a 286ft. El segundo obstáculo de 2231ft (-6951.333789, 325.259736), también está situado sobre la anterior superficie encontrándose a 496.33ft sobre el umbral, no penetrando dicho obstáculo al estar éste a 375ft. Y el último de 2625ft (-5257.384757, 6354.445148) sobre la superficie P2 dando como resultado una elevación de 1946.33ft sobre el umbral, no penetrando en ésta ya que está situado a 739ft del umbral. (*Véase Anexo7*)

2.2.5.3.- FRUSTRADA

El segmento de aproximación frustrada comienza cuando el piloto a la hora de realizar la aproximación a la altura de decisión, no teniendo referencia visual de la pista decide frustrar el aterrizaje, y termina en un punto donde la aeronave, ascendiendo al gradiente de ascenso mínimo prescrito, alcanzando la altitud mínima necesaria para realizar una nueva aproximación, un vuelo en-ruta o una espera, según lo que sea más apropiado.

El procedimiento de aproximación frustrada posee tres fases: inicial, intermedia y final, como se indican en la figura 2.2.1.

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

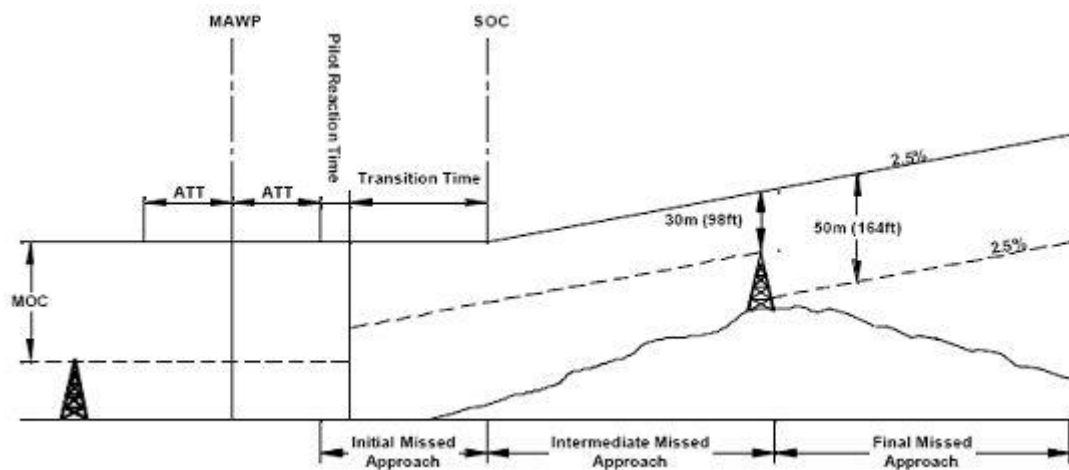


Figura 2.2.1.- Fases de la aproximación frustrada. [Ref. 4.9]

La fase inicial comienza cuando el piloto a la hora de realizar la aproximación a la altura de decisión, no teniendo referencia visual de la pista decide frustrar el aterrizaje y termina en el SOC. La Localización del SOC se muestra en la figura 2.2.2, siendo éste el punto donde corta a GP', que es una recta paralela a la senda en el punto -900m del eje X, y el plano $z = (OCA/H-HL)$. En el caso de aeronaves de Categoría D, que son las utilizadas en el análisis de este proyecto serán de 246ft y 85ft el valor de la OCA/H y el de la pérdida de altura respectivamente en la pista 33L y en la 33R de 271ft y 85ft respectivamente. [Ref. 4.9]

En esta fase, la maniobra requiere que el piloto esté completamente concentrado en ella, porque es la fase más crítica del vuelo y tiene que estar plenamente centrado en el cambio de configuración para poder coger altura con la mayor rapidez posible, por lo que no se pueden definir giros para esta fase, ni tampoco puede comenzar ningún giro de anticipación.

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

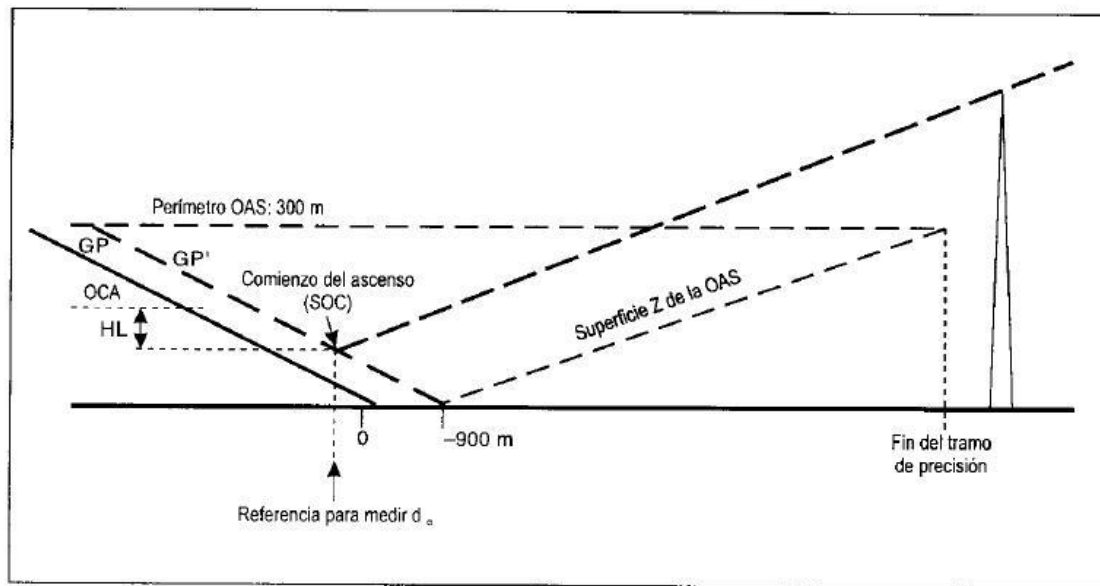


Figura 2.2.2.- Margen de franqueamiento de obstáculos. [Ref. 4.9]

La fase intermedia comienza en el SOC y continúa hasta obtener 50m (164 ft) de separación con los obstáculos y pueden mantenerse, si se realiza un cambio de rumbo de más de 15° y 30m (98ft) si éste el mayor de 15°.

La fase final comienza en el último punto de la fase intermedia, y se extiende hasta un punto en el cual la aeronave, subiendo con la pendiente de ascenso mínima, alcanza la altitud mínima para realizar una nueva aproximación, un vuelo en-ruta o una espera, según lo que proceda. Durante esta fase se pueden efectuar virajes, pero no mayores de 120°.

En fase inicial y la intermedia del procedimiento de aproximación frustrada, en un procedimiento de aproximación de precisión, se utiliza una radioayuda específica, la cual se debe calcular de acuerdo con los requisitos existentes. El segmento de precisión termina una vez que la evaluación de la superficie de los obstáculos llega a una altura de 300 m (984) sobre el umbral, o a un punto de giro o a una altitud designada. Desde este punto es donde la evaluación de obstáculos para el procedimiento de aproximación frustrada en RNAV puede comenzar. El punto de iniciación del viraje debe ser *fly-over*. Y la posterior transición mediante un *fly-by*, siempre que sea posible.

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

La separación de los obstáculos se determina por la identificación de esos obstáculos que penetran en las OIS/superficies de aproximación frustrada e incrementando el OCA/H, o moviendo el MAPt, o especificando una pendiente de ascenso suficiente que permita la separación con el obstáculo necesaria. La pendiente de ascenso nominal es de un 2.5%, aunque puede utilizarse 2% si fuera necesario vigilando y salvaguardando el margen con los obstáculos y contando con la aprobación de la autoridad competente, y también se puede utilizar de 3 a 5 % si con ello la aeronave que lo utiliza obtiene alguna ventaja operacional. Los principios sobre los cuales se basan los cálculos de las salidas también se aplican para las aproximaciones frustradas. La determinación de las radioayudas disponibles, el ángulo máximo de alabeo, XTT, ATT, y AW deben estar basados en la pendiente mínima de ascenso autorizada para el procedimiento. [Ref. 4.1.3]

Para que las operaciones en la 33L sean independientes de las operaciones en la 33R las derrotas de las frustradas deben tener un mínimo de 30° de divergencia, consiguiendo ésta lo antes posible, es decir virando en el SOC.

Se diseñaron algunas soluciones para resolver estos problemas, de las que se explicarán sus ventajas e inconvenientes y cuales serían los diseños más idóneos.

RWY33L

En el primero de ellos, correspondiente a la pista 33L, se buscó la posibilidad de realizar un viraje de 30° siguiendo la dirección de una radioayuda. Esto trae una complicación ya que se mezclan un procedimiento convencional, seguida de un radial, con la navegación RNAV, que continua después de esta interceptación. Dicho diseño posee otro inconveniente ya que si se utiliza una salida siguiendo rumbo de pista en la 33R, no se dispondrá de los 30° de divergencia en las frustradas y por lo tanto éstas no serán independientes.

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

Se buscó una altitud de viraje y un viraje, que permitiera estar a 3500ft antes de cruzar LED 17A y 4000ft antes de cruzar LEP118, encontrándose dicha altitud a 1100ft sobre el umbral y con un viraje de 30° siguiendo el radial 338 de SSY. La pendiente de ascenso para la aproximación frustrada será la nominal (2.5%). Esta frustrada estará formada por 4 tramos. El inicial en el que se buscará la interceptación del radial 338 de SSY hacia MD106. El segundo que va de MD106-MD107 cuya distancia y rumbo son de 10.52NM y 254° magnéticos respectivamente, en el que la aeronave estabilizara su nivel de vuelo en 4000ft para realizar la aproximación. El tercero irá desde MD107-MD108 de 7.96NM de distancia y 147° de rumbo y el último tramo unirá MD108 con el IAF (MD046). (Véase Anexo8-A carta 1/3)

Para intentar solucionar los problemas que ocasionaba del diseño anterior, se realizó otro en el que no se utilizara ningún tipo de navegación convencional y que el viraje se realizaba en el SOC, (OCA/H = 246ft, HL = 85ft, entonces la altura del SOC será de 161ft sobre el umbral). Para poder ascender a 4000ft y evitar así LEP118 el ángulo máximo que se puede virar es de 9°, consiguiendo los 30° si la aproximación frustrada en la 33R diverge 21°. Cumplirá con las mismas pendientes y altitudes de vuelo exigidas en el diseño anterior, constando también de los mismos tramos, exceptuando la primera etapa (MD121-MD109), que tendrá 12.21NM de distancia y un rumbo de 316°. Este primer tramo tiene que ser mayor que la distancia resultante de las tablas recogidas en el *anexo 10* obtenidas de la referencia [4.1.3] con una velocidad de 185Kts (velocidad máxima en la aproximación frustrada intermedia [Ref.4.9]) y un ángulo de alabeo de 15°, ya que es un DF utilizando un *fly-over* (SOC), siendo esta distancia bastante superior debido a que es de 4.1NM. (Véase Anexo8-A carta 2/3)

En el tercer y último diseño se realizó un viraje de 30° para que la aproximación frustrada de la pista adyacente pudiera realizar una frustrada directa, y así éstas obstaculizarían lo menos posible a las salidas que se

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

podieran realizar en las pistas 36R y 36L. Para poder realizar este viraje se necesita ascender a 4000ft antes de entrar en LEP118, para ello se ha aumentado la pendiente de ascenso de un 2.5% a un 3.5%. Como en el caso anterior en el SOC se situará un *fly-over* pudiéndose utilizar un DF de este tipo ya que cumple con la distancia mínima necesaria. Esta aproximación frustrada consta de tres tramos. El primer tramo (MD120-MD112) tendrá una distancia de 9.1 y un rumbo de 295°, siendo la altitud a la que debe estar la aeronave en el último punto de este tramo 4000ft, manteniéndose este nivel de vuelo hasta realizar la aproximación siempre que el tráfico lo permita. El segundo tramo (MD113-MD114) de 7.67NM y un rumbo de 265° y el último que enlaza MD114 con el punto de la transición MD047. (*Véase Anexo8-A carta 3/3*)

Analizando los posibles cruces de estos diseños con las rutas de entrada, no sería un problema a causa de que el tramo MD015-MD046 tiene como nivel mínimo 4000ft y máximo 16500ft y el resto que puede afectar llevan niveles superiores a 4000ft.

RWY 33R

Lo más importante en el diseño de la frustrada en esta pista, es conseguir que haya una divergencia con la de la pista adyacente de 30° y que afecte lo menos posible a las salidas por las pistas 36L y 36R.

En el primer diseño se realizó una frustrada directa intentando alargar esta dirección lo máximo posible para que la aeronave pueda ganar altura antes de virar para volver a recorrer la transición a 5000ft y finalmente aterrizar. Esta aproximación frustrada resolvería el hecho de que no pudiera realizar la aproximación en la pista 33L a causa de que existiera a la vez una aproximación frustrada en dicha pista. Pero al solucionar lo mencionado anteriormente aparece un problema, ya que al realizar la aproximación por la 33R se pasa por delante de las salidas de ambas pistas, dejándolas bloqueadas, por lo tanto no será una buena solución.

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

El diseño consta de tres etapas. En la primera etapa como ya se ha mencionado sigue rumbo de pista hasta llegar al *waypoint* MD101 que se encuentra a una distancia de 11.38NM. La segunda etapa (MD101-MD102) realizaría un cambio de rumbo de 100°, teniendo el éste una distancia de 15.33NM. El tercer tramo es el que une MD102 con el IAF (MD020) para realizar la aproximación a 5000ft, tiene 15.63NM de longitud y sigue un rumbo magnético de 176°. (Véase Anexo8-B carta 1/3)

En el segundo diseño que se pensó es igual que el anterior con la única salvedad de que el viraje posterior se realiza hacia la pista 33L, lo cuál soluciona el problema del bloqueo de ambas salidas, aunque esta solución no será válida para hacer que las frustradas de ambas pistas tengan una divergencia de 30°, a menos que se utilice como frustrada de la pista 33L la que realiza un viraje de 30° en el SOC. Consta de 4 etapas para enlazar con la transición a una altura de 5000ft, la información de éstas puede verse en la tabla 2.2.7. (Véase Anexo8-B carta 2/3)

Tabla 2.2.7.- Frustrada 33R diseño 2°

Tramo	Longitud [NM]	Rumbo magnético [°]
Salida rumbo de pista	11.16	325
MD103-MD104	8.56	251
MD104-MD105	7.76	185
MD105-IAF(MD046)	6.14	95

El tercer y último diseño surge como solución al segundo de la frustrada 33L que necesitaba que en la pista 33R realizase un viraje en el SOC de 21°. Este no aportará grandes beneficios a causa de que bloquea las salidas, como pasara también con el primero. Para poder realizar el viraje en el SOC que está situado a 186ft (OCA/H-HL) sobre el umbral se utiliza un *fly-over* para realizar una maniobra DF a MD114, la distancia mínima de este tramo para poder hacer dicha maniobra como ya se vio en los diseños de la pista 33L es de 4.1NM, cumpliéndolo ya que su distancia es de 10NM teniendo un rumbo de 346°. En la siguiente etapa de la aproximación se

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

ascenderá a 5000ft lo antes posible e irá desde MD114 a MD115 cuya distancia y rumbo son de 11.54NM y 58° respectivamente. El último tramo (MD115-IAF (MD020)) es de 15.63NM y 176° de rumbo magnético.

Las protecciones de los procedimientos de aproximación frustrada se realizarán teniendo en cuenta lo referente al apartado 2.2.6 y al capítulo 25 de [Ref.4.9], uniendo las áreas de protección RNAV con las OAS de la forma más restrictiva posible, ya que de esta manera todas las áreas estarán protegidas frente a los obstáculos. (*Véase Anexos 6-A y 6-B*).

Las coordenadas de todos los puntos de paso utilizados en las aproximaciones frustradas se describen en la tabla 2.2.8 que se muestra a continuación.

Tabla 2.2.8.- Coordenadas de los waypoints de las aproximaciones frustradas

WAYPOINT	LONGITUD	LATITUD
MD101	003° 41' 20" W	40° 37' 19" N
MD102	003° 23' 36" W	40° 44' 34" N
MD103	003° 41' 11" W	40° 37' 09" N
MD104	003° 51' 37" W	40° 34' 00" N
MD105	003° 51' 55" W	40° 26' 14" N
MD106	003° 45' 01" W	40° 36' 04" N
MD107	003° 58' 05" W	40° 32' 42" N
MD108	003° 51' 55" W	40° 26' 14" N
MD109	003° 45' 01" W	40° 36' 04" N
MD110	003° 58' 05" W	40° 32' 42" N
MD111	003° 51' 55" W	40° 26' 14" N
MD112	003° 44' 20" W	40° 31' 11" N
MD113	003° 54' 17" W	40° 30' 05" N
MD120	003° 33' 17" W	40° 27' 45" N
MD121	003° 33' 17" W	40° 27' 45" N
MD122	003° 32' 11" W	40° 28' 21" N

2.2.6.- ÁREAS DE PROTECCIÓN

Para la realización de las áreas de protección se deberán tener en cuenta la velocidad a la que se recorre la ruta, el ángulo de alabeo, el viento, el giro anticipativo y el retardo del piloto, que serán descritas a continuación. [Ref. 4.1.3]

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

VELOCIDAD

Todos los cálculos en los que está implicado un giro se basan en la máxima TAS permitida para el éste.

El TMA de Madrid además de la gama de velocidades que hay expuestas en la tabla 2.2.9, posee restricciones en cuanto a velocidad para los siguientes casos [Ref. 4.2.8]:

- A 15 NM antes de alcanzar los IAF debe tener una velocidad igual a 250Kts.
- Al abandonar los IAF la velocidad deberá ser de 220Kts.
- ATC requerirá reducir la velocidad a 170/180Kts al comenzar el viraje para interceptar el localizador.
- La IAS máxima al cruzar 4DME ILS pista 33L y 33R será de 160Kts.

Tabla 2.2.9.- Velocidades para el cálculo de procedimientos [Ref. 4.9]

Categoría de la aeronave	V_{at}	Gama de velocidades para aproximación inicial	Gama de velocidades para aproximación final	Velocidades máximas para maniobras en condiciones de vuelo visual (en circuito)	Velocidades máximas para aproximación frustrada	
					Intermedia	Final
A	<91	90/150(110*)	70/100	100	100	110
B	91/120	120/180(140*)	85/130	135	130	150
C	121/140	160/240	115/160	180	160	240
D	141/165	185/250	130/185	205	185	265
E	166/210	185/250	155/230	240	230	275

V_{at} —Velocidad en el umbral a base de un valor de 1,3 veces la velocidad de pérdida en la configuración de aterrizaje, con la masa de aterrizaje máxima certificada.

* Velocidad máxima para los procedimientos de inversión y de circuito de hipódromo.

Nota.— Las velocidades V_{at} indicadas en la columna 1 de la Tabla III-1-1 se han convertido exactamente a partir de las velocidades en la Tabla III-1-2, puesto que determinan la categoría de la aeronave. Las velocidades indicadas en las columnas restantes se convierten y redondean al múltiplo más próximo de cinco, por razones operacionales; desde el punto de vista de la seguridad de las operaciones, esas velocidades se consideran equivalentes.

ÁNGULO DE ALABEO

El AOB variará de acuerdo con la cantidad de ángulo de giro de la ruta, con el tipo de aeronave, con el tipo de sistema RNAV, con la altura de la aeronave y con el

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

viento. Se debe asumir ángulos de alabeo de la mitad del ángulo de giro de la ruta, el que sea el más pequeño, en todos los cálculos de las áreas de protección de obstáculos:

- 15° para las aproximaciones frustradas, las salidas y fases *en-route* del vuelo.
- 25° para todas las demás fases del vuelo.

En los procedimientos para las salidas, puede ser necesario considerar la ruta nominal que la mayoría de las aeronaves pueden realizar, para apreciar algún descenso en el ruido o en los problemas de ATC. La ruta nominal de salida se realiza con un 7% de pendiente, una velocidad constante, detallada en la tabla, y un alabeo de la mitad del ángulo de giro de la ruta, el que sea el más pequeño de:

- 15° si la altura está por debajo de los 1000 ft.
- 20° si la altura está por encima de los 1000 ft pero por debajo de 3000 ft.
- 25° si la altura está por encima de los 3000 ft.

VIENTO

El viento puede afectar a la aeronave considerablemente. Los procedimientos clásicos de diseño utilizan la espiral de viento, en el exterior de los giros, basados en una velocidad del viento ($w = 2h + 47$, h es la altitud en Kts) y cualquiera de los tipos de giro, o de alabeo y de TAS. Hasta ahora, se ha considerado que un corte de $\alpha/2$ en el interior del giro proporcionará una protección adecuada, especialmente si el piloto puede reducir el alabeo para compensar los fuertes vientos de costado.

Muchos sistemas RNAV tienen en cuenta, o pronostican, en los cálculos el viento cuando se realiza un giro. Un viento en cola fuerte producirá que el giro comience pronto, realizándose con un mayor ángulo de giro, mientras un viento de cara fuerte el giro comenzará tarde y se realizará con un menor radio de giro. Algunos sistemas RNAV calculan el giro de antemano y solo reevalúan la situación cuando se intercepta el tramo de ruta posterior, mientras que otros realizan continuos valoraciones y ajustes durante el giro.

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

Para la protección de los giros utilizará la espiral de viento tanto en la zona exterior como en la interior del área primaria como se verá más adelante. Para calcular la espiral de viento (*Figura 2.2.4*) será necesario conocer el efecto viento $E = (\pi \cdot w \cdot 3 \cdot V) / (137240 \cdot \tan \phi)$, siendo V la velocidad a la que se realiza el giro (Kts), ϕ el ángulo de alabeo y w el viento que se utilizará un viento de 30Kts para realizar los cálculos. Se dibujara las circunferencias de $(E^2 + r^2)^{(1/2)}$, $(r + E)$ y $(r + 2E)$ según se indica en la figura anteriormente mencionada. Los datos de las espirales de viento para las diferentes velocidades a las que se han realizado los diseños se pueden observar en la tabla 2.2.10.

Tabla 2.2.10.- Datos espirales de viento

Velocidad (V) [Kts]	Radio de giro (r) [m]	Alabeo (ϕ) [°]	Efecto viento (E) [m]	$(E^2 + r^2)^{(1/2)}$ [m]	r+E[m]	r+2E [m]
440	11297.2	25	1200	11360.7	12497.2	13697.2
250	3611.4	25	681.86	3675.2	4293.26	4975.12
220	2778	25	600	2842	3378	3978
180	1852	25	490.9	1915.96	2342.9	2833.8

GIRO ANTICIPATIVO Y RETARDO DEL PILOTO

Giro anticipativo es la distancia que viajando a lo largo del segmento anterior al giro en la que el piloto considera que ha de comenzar el giro. Para los cálculos, se supone que la aeronave continúa en el segmento anterior al giro hasta que se ha aplicado todo el ángulo de alabeo.

También se asume que todos los sistemas RNAV tendrán la exactitud del tiempo necesario que se debe de empezar a aplicar el ángulo de alabeo según los cálculos del giro anticipativo. Si se está utilizando el director de vuelo (*flight director*), el piloto debe tener las indicaciones suficientes del marco de tiempos como con el piloto automático. Esto está siendo sujeto a algunos debates y análisis, siendo conservador los retrasos pueden ser de:

- 10 segundos durante alguna segmento *en-route* (a más de 25NM del IAF).
- 6 segundos durante algún segmento terminal que no sean salidas ni aproximaciones frustradas.
- 3 segundos durante algún segmento de salida o aproximación frustrada.

CONSTRUCCION

Para realizar las áreas de protección para una transición fly-by se seguirán los siguientes pasos, (véase figura 2.2.3):

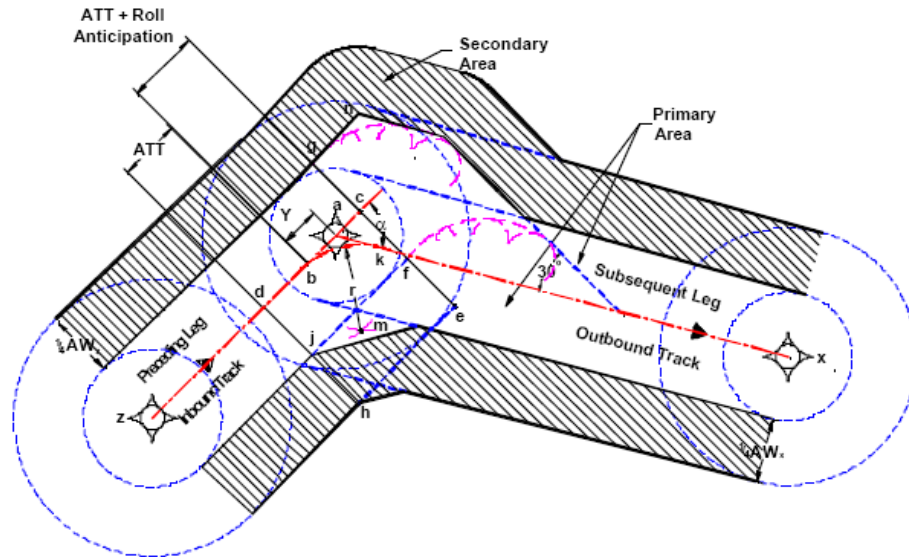


Figura 2.2.3.- Construcción áreas de protección mediante la utilización de fly-by. [Ref. 4.1.3]

1. Dibujar una línea representando el tramo de ruta anterior.
2. Localice el punto “a” en el *waypoint* que marca el punto de la transición. Localice el punto “z” en el *waypoint* que precede.
3. Dibuje una segunda línea a través de “a” y que forme un ángulo α con el tramo de la ruta precedente. Esta representará el tramo de ruta consecutivo.
4. Localice el punto “x” en el *waypoint* consecutivo.
5. Dibuje dos círculos de radio $\frac{1}{2}AW$ y $\frac{1}{4}AW$, de acuerdo con la tabla siguiente.
6. Dibuje las rectas tangentes a los círculos por ambos lados de la ruta. Estas representan las áreas primaria y secundaria.
7. Calcule la distancia a la que se inicia el giro “Y” para la velocidad y altitud más altas permitidas/posibles en “a”. Localice el punto “b” a una distancia “Y”, hacia detrás de “a”, a lo largo de la ruta anterior. Esto representa el principio del giro nominal. La distancia Y será obtenida

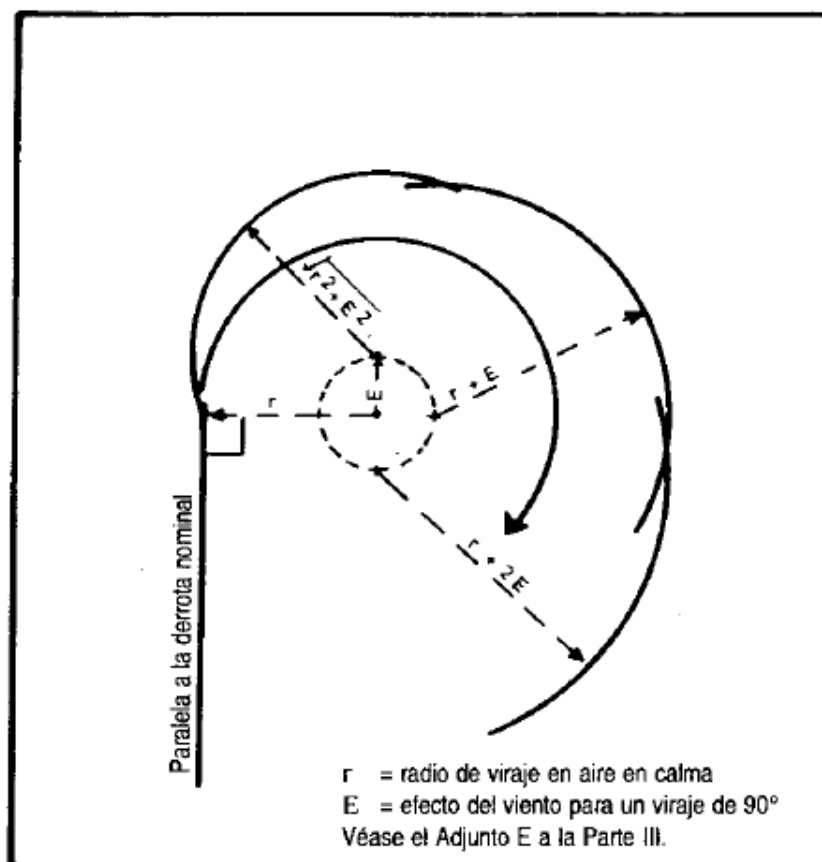
Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

mediante la introducción de la velocidad y el ángulo de cambio de rumbo y con el alabeo correspondientes. (*Véase Anexo9*)

8. Calcule la ATT en “a” según indica en la tabla 2.2.11.
9. Localice el punto “c” más allá del punto “b”, en el tramo de ruta anterior a una distancia de “a” correspondiente al ATT más la distancia asumida debido a la reacción del piloto y velocidad máxima permitida/posible para la categoría de la aeronave y la fase de vuelo. Para giros de más de 90° localice el punto “c” en el tramo de la ruta anterior, a una distancia de “a” igual a la diferencia entre el radio de giro y la suma del ATT y la distancia correspondiente a la reacción del piloto.
10. Localice el punto “d” después del punto “b”, en el tramo de la ruta anterior, a una distancia de ATT desde “a”.
11. Dibuje las líneas “efcg” y “hjd”, perpendicular al tramo de la ruta anterior, a través de los puntos “c” y “d”, para cortar a los lados de las áreas primaria y secundaria.
12. Localice “k” a una distancia “Y” a lo largo del tramo de ruta posterior.
13. En los puntos “b” y “k”, dibuje arcos de distancia “r” para cortar en el punto “m” dentro del giro. (Donde el cambio del ángulo de la ruta es mayor de 90°, se debe usar el exterior de las intersecciones).
14. El punto de intersección “m” representa el centro del círculo, de radio “r”, cuyo arco define la ruta nominal durante la transición.
15. Dibuje las espirales de viento desde los puntos “f” y “g” sobre el punto donde las tangentes llegan a ser paralelas a la línea que corta el tramo de la ruta posterior con un ángulo de 30°. $E = (\pi w V) / (137240 \tan \phi)$. (*Véase figura 2.2.4*)
16. Dibuje una línea desde el punto “j” con un ángulo de $\alpha/2^\circ$ desde el área primaria del tramo anterior hasta el del tramo posterior. Nótese que las espirales de viento no se utilizan en el interior del giro ya que se asume que el ángulo de alabeo se reduce durante el giro dándose cuenta de cualquier viento fuera del giro.
17. El lado exterior del área secundaria interior se define por una línea desde “h” paralela al lado interior del área primaria.

18. Dibuje una línea tangente a las espirales de viento desde “f” y/o “g”, desde cualquiera que esté más lejos del tramo posterior de la ruta, en un ángulo de 30° con el tramo de la ruta posterior, hasta cortar la línea $\frac{1}{4}AW$ en el exterior del tramo posterior de la ruta. Dibuje las tangentes a las espirales de viento, paralela al tramo de ruta posterior y el tramo de ruta anterior, hasta cortar en “n”. Ésto representa el lado exterior del área primaria.
19. El lado exterior del área secundaria se define mediante una línea paralela al exterior del área primaria, a una distancia igual al ancho del área secundaria en el punto donde comienzan las espirales de viento, hasta alcanzar el tramo recto del área de protección del siguiente tramo. Las esquinas con ángulos agudos se deben trazar arcos centrados en el punto que corresponde a la esquina de la parte exterior al área primaria.

Figura 2.2.4.- Construcción de la espiral de viento. [Ref. 4.9]



Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

Tabla 2.2.11.- Valores de XTT, ATT y la mitad de la anchura del área (en NM), para después de 1980 habiendo mas de dos estaciones DME disponibles

Altitude	En-route			IAF/IF			FAF/MAP/DWP		
(ft)	XTT (NM)	ATT (NM)	$\frac{1}{2}AW$ (NM)	XTT (NM)	ATT (NM)	$\frac{1}{2}AW$ (NM)	XTT (NM)	ATT (NM)	$\frac{1}{2}AW$ (NM)
For all altitudes	2.03	0.32	5.05	1.05	0.32	2.58	0.59	0.32	1.39

Para realizar la protección de una ruta DF a través de un fly-over se deberá seguir los siguientes pasos (véase figura 2.2.5):

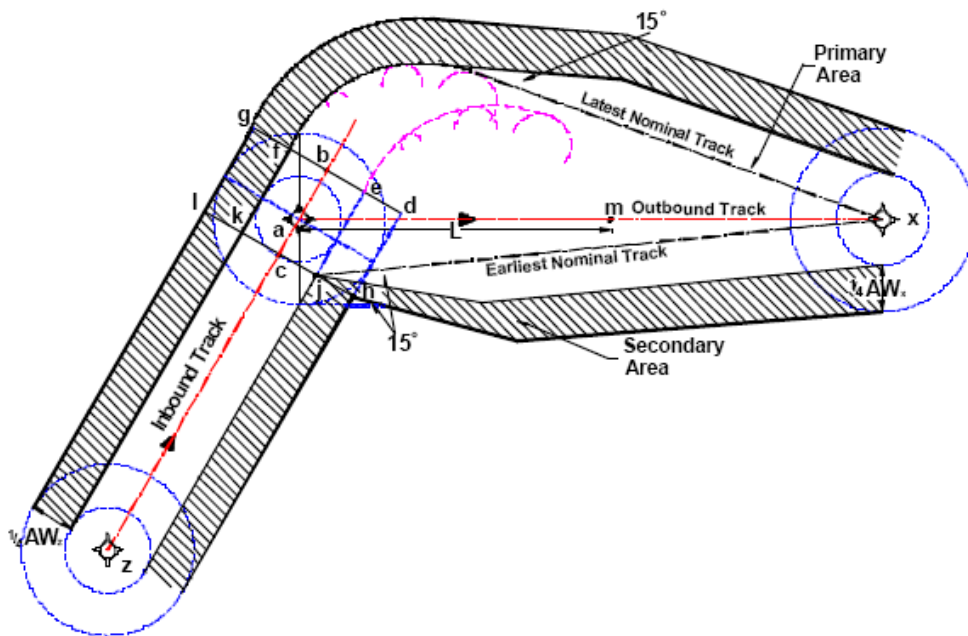


Figura 2.2.5.- Construcción de las áreas de protección mediante la utilización de fly-over. [Ref. 4.1.3]

1. Dibujar la línea representativa del tramo de ruta precedente.
2. Localice el punto 'a' que es el punto que marca la transición de un tramo a otro. Localice el punto 'z' siendo este el *waypoint* precedente. Localice el punto 'x' en el *waypoint* al cual quiere llegar.
3. Dibuje las circunferencias $\frac{1}{2}AW$ y $\frac{1}{4}AW$, según los datos de la tabla 2.2.11.
4. Dibuje las rectas tangentes a las circunferencias anteriores pertenecientes a 'z' y 'a'.

**Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a
MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)**

5. Llévase desde 'a' hacia el punto 'z' la distancia ATT que se encuentra en la tabla 2.2.11, y desde el punto 'a' de nuevo pero en el sentido contrario ATT mas el giro anticipativo.
6. Localice los puntos 'k', 'j', 'h', 'f' y 'e'.
7. Solo se podrán realizar este tipo de rutas si la distancia L es menor a la distancia del tramo posterior, ya que ésta es la distancia mínima para este tipo de rutas. (*Véase Anexo10*)
8. Dibuje la espiral de viento desde los puntos 'f' y 'e'.
9. Dibuje la recta tangente desde 'x' a las espirales de viento, siendo esta la última ruta nominal posible.
10. Dibuje la recta que une los puntos 'j' y 'x', siendo esta la primera ruta nominal posible.
11. Trácese desde 'j' una recta que forme 15° con la primera ruta nominal.
12. Trácese una recta que sea tangente a la espiral de viento y forme 15° con la última ruta nominal.
13. Trácese desde 'h' una paralela a la recta que forma 15° con la primera ruta nominal.
14. Realizar paralelas a las rutas nominales primera y última que sean tangentes a las circunferencias de $\frac{1}{2}AW$ y $\frac{1}{4}AW$ del punto 'x'.
15. Cierren las áreas primarias y secundarias como se muestra en la figura 2.2.5.

Véanse *anexos 11-A, 11-B, 12-A, 12-B* en los que se encuentran todos los mapas de las protecciones de las rutas del diseño y los cálculos obtenidos en el mismo.

Se observarán los obstáculos dentro de las áreas de protección dejando un margen de 300m sobre el más alto para conseguir con ello la distancia mínima de seguridad. En la tabla 2.2.12 se presentan los obstáculos mas relevantes dentro de cada tramo de las rutas y la altura mínima de vuelo con el margen de 300m.

**Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a
MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)**

Tabla 2.2.12.- Protección frente a obstáculos

Tramo de ruta	Altura del obstáculo [m]	Altura mínima de vuelo [m]
MD001-MD015	1409	2165
	1848	
	1865	
MD001-MD013	1009	1600
	1150	
	1300	
MD002-MD015	2129	2429
	1833	
MD002-MD014	2129	2500
	2200	
MD003-MD015	1833	2261
	1961	
	1833	
MD003-MD014	1833	2133
	1269	
MD004-MD015	1733	2378
	2078	
MD004-MD014	2120	2420
	1150	
	1691	
MD005-MD016	1342	1642
	1331	
MD005-MD014	1214	2527
	2227	
	1717	
MD006-MD016	1623	1923
	1404	
MD006-MD017	1178	1559
	1259	
NVS-MD016	1259	1559
NVS-MD017	1038	1338
TLD-MD017	557	861
	561	
	542	
TLD-MD047	661	1019
	681	
	719	
VTB-MD050	712	1012
VTB-MD018	786	1086
MD007-MD050	630	1086
	741	
	786	
MD007-MD037	805	1106
	806	
MD007-MD026	805	1108
	806	
	808	
MD008-MD019	1000	1300

Tramo de ruta	Altura del obstáculo [m]	Altura mínima de vuelo [m]
MD009-MD008	1150	1450
MD010-MD019	1103	1688
	1388	
MD010-MD013	1329	1394
	1043	
	1094	
MD011-MD019	1439	1739
	1429	
MD011-MD013	1200	1500
	1034	
MD012-MD015	1564	1864
	1000	
	1200	
MD012-MD013	1200	1500
	1000	
MD015-MD046	1545	1845
	859	
	818	
MD014-MD020	821	1121
	806	
MD016-MD046	743	1043
	713	
	689	
MD017-MD018	786	1086
	700	
MD019-MD026	1000	1300
MD019-MD037	1000	1300
MD013-MD021	928	1228
MD020-MD025	856	1156
	818	
	824	
MD025-MD026	779	1079
MD026-MD030	718	1018
	629	
MD030-MD031	797	1097
	779	
MD032-MD033	730	1030
MD033-MD037	812	1112
	796	
MD037-MD038	676	976
MD038-MD046	770	1070
	753	
	698	
MD046-MD047	713	1013
	600	
MD047-MD050	719	1019
	703	
	679	

2.2.7.- CODIFICACIÓN

Los waypoint se clasifican en tácticos y estratégicos, siendo los estratégicos un punto significativo para el proveedor de servicios de ATS, mediante el paso por este punto puede producir avisos a la aeronave generando un tipo de mensaje, mientras que los tácticos son aquellos waypoints utilizados en el área terminal que no son estratégicos. Por lo tanto los waypoint del diseño que se está estudiando serán waypoint tácticos. El identificador de este tipo de puntos está formado por 5 caracteres AAXNN, siendo [Ref. 4.1]:

- AA, los últimos dos caracteres del indicativo del aeródromo. En el caso de Madrid/ Barajas el indicativo es LEMD, luego por lo tanto tendrán las letras M y D.
- X, un número del 0 al 9.
- NN, será un número del 0 al 99.

Si el punto de paso está colocado en una radioayuda se utilizará las tres letras de esta. Si está ubicado en el umbral de pista se utiliza RWNNA, siendo NN un número del 01 al 36 y A será una letra de las siguientes: L, C o R. Si ATS lo utiliza como un waypoint estratégico se utiliza el 5LNC.

En las cartas STAR se debe incluir la información de los niveles de vuelo permitidos en cada *waypoint* (véase *anexo4*), las restricciones de velocidad que como se ha mencionado, existen 4 restricciones de velocidad: 250Kts antes de 15NM de los IAF, 220Kts al cruzar los IAF, 180Kts al comenzar el viraje para interceptar el localizador y 160Kts al cruzar 4 DME ILS, la distancia del tramo y el rumbo magnético, la dirección del giro (véanse *anexo1*, y *tablas 2.2.2 y 2.2.3*) y el identificador del punto. Para las bases de datos es necesario conocer las coordenadas de los *waypoint* así como todo lo mencionado anteriormente, a continuación se incluyen dichas coordenadas recogidas en la *tabla 2.2.13*.

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

2.2.13.- Tabla de coordenadas de los waypoint

WAYPOINT	LONGITUD	LATITUD
MD001	002° 32' 25" W	41° 27' 45" N
MD002	003° 36' 22" W	41° 14' 18" N
MD003	003° 40' 58" W	41° 09' 25" N
MD004	003° 55' 27" W	40° 53' 29" N
MD005	004° 03' 40" W	40° 43' 55" N
MD006	004° 14' 11" W	40° 31' 34" N
TLD	004° 20' 15" W	39° 58' 10" N
VTB	003° 27' 51" W	39° 46' 51" N
MD007	002° 51' 27" W	39° 44' 00" N
MD008	002° 30' 38" W	40° 00' 19" N
MD009	002° 13' 02" W	40° 02' 01" N
MD010	002° 06' 00" W	40° 11' 08" N
MD011	002° 06' 00" W	40° 30' 06" N
MD012	002° 06' 00" W	40° 45' 25" N
MD013	002° 59' 00" W	40° 29' 09" N
MD014	003° 24' 45" W	40° 41' 49" N
MD015	003° 36' 41" W	40° 50' 44" N
MD016	003° 56' 26" W	40° 24' 46" N
NVS	004° 14' 58" W	40° 22' 07" N
MD017	003° 56' 43" W	39° 57' 52" N
MD018	003° 11' 00" W	39° 57' 05" N
MD019	002° 47' 01" W	40° 02' 48" N
MD020	003° 21' 06" W	40° 29' 10" N
MD021	003° 12' 19" W	40° 20' 29" N
MD022	003° 09' 54" W	40° 18' 07" N
MD023	003° 07' 31" W	40° 15' 44" N
MD024	003° 05' 09" W	40° 13' 22" N
MD025	003° 02' 45" W	40° 10' 59" N
MD026	003° 08' 56" W	40° 07' 19" N
MD027	003° 11' 20" W	40° 09' 41" N
MD028	003° 13' 44" W	40° 12' 04" N
MD029	003° 16' 07" W	40° 14' 26" N
MD030	003° 18' 31" W	40° 16' 48" N
MD031	003° 21' 43" W	40° 18' 10" N
MD032	003° 22' 45" W	40° 17' 30" N
MD033	003° 22' 11" W	40° 14' 52" N
MD034	003° 19' 47" W	40° 12' 30" N
MD035	003° 17' 27" W	40° 10' 08" N
MD036	003° 15' 01" W	40° 07' 45" N
MD037	003° 12' 36" W	40° 05' 23" N
MD038	003° 19' 03" W	40° 01' 33" N
MD039	003° 21' 26" W	40° 03' 55" N
MD040	003° 23' 49" W	40° 06' 18" N
MD041	003° 26' 14" W	40° 08' 40" N
MD042	003° 28' 37" W	40° 11' 03" N
MD043	003° 33' 26" W	40° 15' 46" N
MD044	003° 37' 27" W	40° 19' 43" N
MD045	003° 41' 31" W	40° 23' 40" N

**Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a
MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)**

MD046	003° 43' 53" W	40° 26' 02" N
MD047	003° 50' 05" W	40° 22' 20" N
MD048	003° 47' 39" W	40° 19' 58" N
MD049	003° 43' 37" W	40° 16' 02" N
MD050	003° 39' 36" W	40° 12' 05" N
MD051	003° 39' 43" W	40° 40' 26.5"N
MD052	003° 23' 59" W	40° 03' 06" N
MD053	003° 32' 59" W	39° 57' 59" N
MD054	004° 03' 44" W	40° 11' 30" N

2.2.8.- SIMULACIÓN DEL DISEÑO DE LAS ENTRADAS AL TMA

Para comprobar si el diseño es bueno se debería realizar una simulación a tiempo real del comportamiento del mismo, pero debido a que se carecen de los medio para hacerlo se pondrá un ejemplo de cómo podría funcionar.

En el ejemplo se dispondrá de 8 aeronaves que entran de forma simultánea al TMA pero desde diferentes puntos. Para realizar una simplificación en los cálculos se supondrá que cuando la aeronave está a más de 15NM de los IAF va a una velocidad de 440Kts, cuando se encuentra en las transiciones es de 220Kts y en el tramo intermedio de 250Kts y que los cambios de velocidad los realiza de forma inmediata. En el estudio se hará una valoración de la posición de las aeronaves cada dos minutos de tiempo, mirando su evolución y sus posibles conflictos con las otras aeronaves y las soluciones que se toman a tal efecto.

A continuación se indican los puntos por donde entran aeronaves y la altura que llevan: MD001 (20000ft), MD004 (17000ft), MD006 (10000ft), TLD (18000ft), VTB (14000ft), MD008 (15000ft), MD010 (17000ft) y MD012 (10000ft).

Las distancias que una aeronave recorre, a las distintas velocidades que puede tomar, en dos minutos de tiempo son 14.67NM, 8.33NM y 7.33NM a 440Kts, 250Kts y 220Kts respectivamente (*para seguir la simulación véase anexo1*). Con estas consideraciones se procederá a la simulación.

En los **primeros dos** minutos la situación de las aeronaves es la siguiente:

- La aeronave que parte desde MD001, se le autoriza realizar el aterrizaje por la pista 33R debido a las circunstancias del tráfico, luego al recorrer

**Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a
MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)**

14.67NM del primer tramo se encuentra a 46.3NM de MD015. Se irá descendiendo para llegar a MD015 a una altura de 17000ft.

- La aeronave que parte desde MD004, se le autoriza realizar el aterrizaje por la pista 33L debido a las circunstancias del tráfico, luego al recorrer 14.67NM del primer tramo se sitúa a 10.63NM de MD014. Se irá descendiendo para situarse a 13000ft antes de llegar a MD014.
- La aeronave que parte desde MD006, se le autoriza realizar el aterrizaje por la pista 33R debido a las circunstancias del tráfico, luego al recorrer 14,67NM del primer tramo se sitúa a 0.53NM de MD016. Mantendrá su nivel de vuelo de 10000ft hasta cruzar MD016.
- La aeronave que parte desde TLD, se le autoriza realizar el aterrizaje por la pista 33L debido a las circunstancias del tráfico, entonces al recorrer 14.67NM del primer tramo se encuentra a 3.43 de MD017. Mantendrá nivel de vuelo de 18000ft hasta alcanzar MD0017.
- La aeronave que parte desde VTB, se le autoriza realizar el aterrizaje por la pista 33R debido a las circunstancias del tráfico, entonces al recorrer 11.8NM del primer tramo a una velocidad de 440Kts y 1.6NM del siguiente tramo a 250Kts se encuentra a 13.4NM de MD050. Desciende hasta una altitud de 6000ft antes de alcanzar MD050.
- La aeronave que parte desde MD008, se le autoriza realizar el aterrizaje por la pista 33L debido a las circunstancias del tráfico, entonces al recorrer las 12.8NM del primer tramo a 440Kts y 1NM del segundo tramo a 250Kts se encuentra a 16.4 de MD026. Habrá descendido hasta 11000ft antes de alcanzar MD019 y seguirá descendiendo para situarse a una altitud de 7000ft antes de alcanzar MD026.
- La aeronave que parte desde MD010, se le autoriza realizar el aterrizaje por la pista 33R debido a las circunstancias del tráfico, entonces al recorrer las 12.8NM del primer tramo se encuentra a 17.83NM de MD019. Descenderá hasta situarse a 6000ft en el punto MD019.
- La aeronave que parte desde MD012, se le autoriza realizar el aterrizaje por la pista 33R debido a las circunstancias del tráfico, entonces al recorrer las 12.8NM del primer tramo se encuentra 28.83NM de MD013. Mantendrá nivel de vuelo hasta alcanzar el punto MD013.

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

En los dos minutos siguientes, es decir, **4 minutos desde el comienzo**, la situación de las aeronaves será la siguiente:

- La aeronave que parte desde MD001, recorrerá otras 14.67NM del primer tramo situándose a 31.63NM de MD015.
- La aeronave que parte desde MD004, recorrerá el primer tramo completo y 2.3NM del siguiente tramo a una velocidad de 250Kts, luego se encuentra a 10.6NM de MD020. Descenderá hasta situarse a 9000ft antes de llegar a MD020.
- La aeronave que parte desde MD006, recorrerá el primer tramo completo y 8NM del segundo que se hace a una velocidad de 250Kts, luego se situará a 1.6NM de MD046. Seguirá con nivel de vuelo FL100 hasta MD046.
- La aeronave que parte desde TLD, recorrerá otras 14.67NM situándose a 23.96NM de MD018. Descenderá desde 18000ft a los que se encontraba en MD017 hasta 8000ft antes de llegar a MD018.
- La aeronave que parte desde VTB, recorrerá 8.33NM a una velocidad de 250Kts para situarse a 5.07 NM de MD050.
- La aeronave que parte desde MD008, recorrerá otros 8.33NM a 250Kts hasta situarse a 8.07 de MD026.
- La aeronave que parte desde MD010, recorrerá otros 14.67NM a 440Kts para colocarse a 14.16NM de MD013.
- La aeronave que parte desde MD012, recorrerá otros 14.67NM a 440Kts para situarse a 14.16NM de MD013.

En los dos minutos siguientes, es decir, **6 minutos desde el comienzo**, la situación de las aeronaves será la siguiente:

- La aeronave que parte desde MD001, recorrerá 14.67NM a 440Kts situándose a 16.96NM de MD015.
- La aeronave que parte desde MD004, recorrerá otros 8.33NM a 250Kts para colocarse a 2.27NM de MD020.
- La aeronave que parte desde MD006, recorrerá el tramo anterior y 5.92NM del tramo de transición a 220Kts, luego se encontrará a 2.08NM de MD044.

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

Se habrá descendido hasta 9000ft antes de MD045 y se descenderá otros 1000ft antes de llegar a MD044.

- La aeronave que parte desde TLD, recorrerá otras 14.67NM situándose a 9.29NM de MD018.
- La aeronave que parte desde VTB, en este tiempo recorre el resto del tramo perteneciente a la velocidad de 250 y 2.87NM del siguiente a 220Kts, situándose a 3.13NM de MD043. Seguirá a una altitud de 6000ft hasta alcanzar MD043.
- La aeronave que parte desde MD008, recorrerá todo el resto del tramo anterior y 0.23NM del siguiente a 220Kts situándose a 2.77NM de MD027. Descenderá 1000ft para situarse en MD027 a 6500ft.
- La aeronave que parte desde MD010, recorre todo el resto del tramo anterior y 6.54NM del siguiente a una velocidad de 250Kts, luego estará a 13.26NM de MD021. Mantendrá 6000ft hasta antes de alcanzar MD037.
- La aeronave que parte desde MD012, recorrerá todo el resto del tramo anterior y 0.29NM del siguiente situándose a 13.01NM de MD021. Descenderá hasta 6000ft antes de alcanzar MD021.

En los dos minutos siguientes, es decir, **8 minutos desde el comienzo**, la situación de las aeronaves será la siguiente:

- La aeronave que parte desde MD001, recorrerá 14.67NM a 440Kts situándose a 2.29NM de MD015.
- La aeronave que parte desde MD004, recorrerá todo el tramo anterior a 250Kts y 5.34NM del siguiente a 220Kts, situándose a 5.66NM de MD021. descenderá para situarse a 5000ft que es la altura a la que realizará la aproximación antes de alcanzar MD021.
- La aeronave que parte desde MD006, recorrerá 7.33NM más situándose a 5.75NM de MD042, consiguiendo una distancia superior a 3NM con respecto a la aeronave que sale desde VTB, como se verá en su punto correspondiente más adelante. Habrá descendido 2000ft antes de MD043 y descenderá otros 2000ft antes de MD042 llegando entonces a 4000ft siendo ésta la altura a la que se realizará la aproximación.

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

- La aeronave que parte desde TLD, recorrerá todo el tramo anterior en el que la velocidad era de 440Kts y 3.05NM del siguiente por lo tanto estaría a 7.25NM de MD026. Descender a 7000ft antes de llegar a MD026 para guardar una separación horizontal con la aeronave que sale desde MD010 de 1000ft.
- La aeronave que parte desde VTB, recorrerá 7.33NM más de la transición colocándose a 1.8NM de MD042. Descenderá a 4000ft antes de MD042 para realizar la aproximación.
- La aeronave que parte desde MD008, recorrerá 7.33NM más de la transición para situarse a 1.44NM de MD029. Se habrá descendido 500ft antes de alcanzar MD028 y se descenderá otros 500ft para situarse en 5500ft antes de alcanzar MD029.
- La aeronave que parte desde MD010, recorrerá 8.33NM a 250Kts situándose a 4.93NM de MD037.
- La aeronave que parte desde MD012, recorrerá 8.33NM a 250Kts situándose a 4.68 de MD021.

En los dos minutos siguientes, es decir, **10 minutos desde el comienzo**, la situación de las aeronaves será la siguiente:

- La aeronave que parte desde MD001, recorrer la distancia que restaba del tramo a 440Kts y 1.8NM del siguiente tramo que se encontrará a 13.82NM de MD046. Descenderá hasta FL100 antes de alcanzar MD046.
- La aeronave que parte desde MD004, recorre toda la distancia restante del tramo anterior y 1.67NM quedando a 4.33NM de MD030 ya que la aeronave que salía desde MD008 se va a disponer a aterrizar en este tiempo y habrá una distancia suficiente de separación.
- La aeronave que parte desde MD006, recorrerá 7.33NM más de la transición situándose a 4.62NM de MD033.
- La aeronave que parte desde TLD, recorrerá la distancia restante del tramo anterior mas 1NM del siguiente situándose a 2NM de MD027. Se descenderá hasta 6000ft antes de alcanzar MD027.
- La aeronave que parte desde VTB, recorrerá 7.33NM más de la transición colocándose a 0.67NM de MD033.

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

- La aeronave que parte desde MD008, ya se situará para realizar la aproximación.
- La aeronave que parte desde MD010, recorrerá la distancia restante del tramo anterior mas 3NM del siguiente a 220Kts estando por tanto en MD036. Descenderá desde MD037 1000ft antes de alcanzar MD036, para situarse a 5000ft.
- La aeronave que parte desde MD012, recorre el tramo anterior a 250Kts y 3.2NM del siguiente situándose a 2.8 de MD023 ya que alargará la transición debido a las circunstancias del trafico. Descenderá 1000ft desde MD021 hasta antes de alcanzar MD022 para situarse en el nivel de vuelo de la aproximación.

En los dos minutos siguientes, es decir, **12 minutos desde el comienzo**, la situación de las aeronaves será la siguiente:

- La aeronave que parte desde MD001, recorrerá 8.33NM más de ese tramo quedándose a 5.49NM de MD046.
- La aeronave que parte desde MD004 ya habrá realizado el aterrizaje o estará en el proceso.
- La aeronave que parte desde MD006 ya habría aterrizado.
- La aeronave que parte desde TLD, recorrerá 7.33NM de la transición para situarse a 0.67NM de MD029. Se habrá descendido 500ft antes de interceptar MD028 y se descenderán otros 500ft antes de alcanzar MD029 para conseguir la altitud de la aproximación.
- La aeronave que parte desde VTB ya habrá aterrizado.
- La aeronave que parte desde MD008 ya habrá aterrizado.
- La aeronave que parte desde MD010, recorrerá 7.33NM de la transición quedándose a 1.67 de MD033. Descenderá 500ft antes de interceptar MD034 y otros 500ft antes de MD033 para situarse en el nivel de vuelo de la aproximación.
- La aeronave que parte desde MD012, recorre otros 7.33NM de la transición situándose a 1.47NM de MD028. Alargará la transición hasta MD023 debido al tráfico existente.

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

En los dos minutos siguientes, es decir, **14 minutos desde el comienzo**, la situación de las aeronaves será la siguiente:

- La aeronave que parte desde MD001, recorrerá toda la distancia restante al tramo anterior y 2.5NM del siguiente, por lo tanto estará a 0.5NM de MD045. Descenderá 1000 antes de alcanzar MD045.
- La aeronave que parte desde TLD ya realiza el aterrizaje.
- La aeronave que parte desde MD010 ya realizará el aterrizaje.
- La aeronave que parte desde MD012, recorrerá otros 7.33NM de la transición situándose a 0.14NM de MD030.

En los dos minutos siguientes, es decir, **16 minutos desde el comienzo**, la situación de las aeronaves será la siguiente:

- La aeronave que parte desde MD001, recorrerá 7.33NM de la transición situándose a 3.17NM de MD043. Habrá descendido hasta 9000ft en MD044 y se descenderá hasta 7000ft antes de alcanzar MD043.
- La aeronave que parte desde MD012 ya habrá realizado el aterrizaje.

En los dos minutos siguientes, es decir, **18 minutos desde el comienzo**, la situación de las aeronaves será la siguiente:

- La aeronave que parte desde MD001, recorrerá 7.33NM de la transpón quedándose a 5,04 de MD033. Descenderá 2000ft para situarse en el nivel de vuelo del aterrizaje antes de interceptar MD042.

En los dos minutos siguientes, es decir, **20 minutos desde el comienzo**, la situación de las aeronaves será la siguiente:

- La aeronave que parte desde MD001 ya habrá aterrizado.

2.4.- CONCLUSIONES.

La navegación de área es una solución importante para resolver los problemas de inoperatividad de algunos espacios aéreos terminales, y del mismo modo sirve para incrementar la capacidad, ya que se pueden realizar aterrizajes simultáneos independientes y se reduce la separación entre aeronaves. El espacio aéreo ampliaría su capacidad mejorando así el diseño de procedimientos debido a que mediante la navegación convencional se está mucho más sujeto a las radioayudas existentes en tierra, mientras que con la navegación de área se puede realizar una navegación punto a punto siempre que la cobertura de la señal te lo permita.

En el proyecto que se presenta, se ha realizado el diseño de las entradas al TMA de Madrid para realizar aproximaciones simultáneas independientes a Madrid/Barajas, permitiendo que cada aeronave que entre por un punto de dicho TMA pueda realizar el aterrizaje en cualquiera de las dos pistas, 33L ó 33R, según cual sea más favorable debido a las condiciones existentes del tráfico y que se realicen de la forma más recta posible. No se ha modificado ningún punto de entrada al TMA mediante las rutas existentes fuera del mismo, para que pueda operarse el diseño realizado con el de las rutas actuales fuera de éste ya que un cambio de un punto de entrada puede afectar a todos los diseños del exterior.

En los diseños actuales todas las rutas se centraban en dos IAF y a partir de éstos se organizan las aeronaves para realizar la aproximación. Este tipo de entrada producirá una congestión de aeronaves en esos puntos, reduciendo así la operatividad y la capacidad del espacio aéreo y del aeropuerto. En los diseños realizados en este proyecto se posibilitan un número mayor de IAF y mediante la transición pueden entrar a realizar la aproximación con un amplio número de combinaciones, disminuyendo o ampliando este tramo según sea más conveniente.

En cuanto al diseño de las aproximaciones, para que se pudieran realizar operaciones simultáneas independientes es necesario que las frustradas de ambas pistas tengan una divergencia de 30°, hecho que en la actualidad no ocurre teniendo las dos frustradas orientadas en la misma dirección. Se debía de tener en cuenta a la hora de

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

proceder con el diseño que fuesen los procedimientos más seguros y que menos afectasen a las salidas, debido a que si la frustrada de la pista derecha se dirige hacia la transición de esta misma pista para realizar el aterrizaje o realiza un cambio de rumbo grande, cosa que podría resultar peligroso debido a que en esa dirección se encuentra Paracuellos y tendría que guardar una altura de 50m sobre todos los obstáculos, o si se realiza un cambio de rumbo ligero se obstaculizan ambas salidas cuando se realice alguna operación frustrada. Otro problema que era necesario solventar era que la frustrada de la pista 33L necesitaba ganar altura muy pronto para poder rebasar a una altura de 4000ft la zona LEP118.

Se realizaron varios diseños intentando combinar algunas de las posibilidades encontradas a estos problemas, aumentando la pendiente de ascenso de la pista 33L, que la frustrada de la pista 33R se dirija hacia la transición de la pista 33L pero que su rumbo hasta ganar una altitud considerable tenga una divergencia de 30° respecto a la de la pista adyacente, entre otros.

Estos diseños para comprobar el funcionamiento y comprobar si son operables o no, se haría una simulación a tiempo real, detectando puntos en los que se producen conflictos entre aeronaves o entre las aeronaves y el propio entorno.

Para poder implantar estos diseños sería necesario que todas las aeronaves tuviesen instalado un sistema de navegación de área ya que no habría alternativa para una aeronave que quisiera realizar la entrada utilizando el modo convencional.

**Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a
MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)**

3.- ACRÓNIMOS:

ACRÓNIMOS	DEFINICIÓN
AAIM	Aircraft-based Autonomous Integrity Monitoring
AANS	Airworthiness Approval of Navigation Systems
ABAS	Aircraft Based Augmentation System
ADS	Air Data System
AIP	Aeronautical Information Publication
ASF	Additional Secondary Factor
ATM	Air Traffic Management
ATC	Air Traffic Control
ATIS	Automatic Terminal Information System
ATS	Air Traffic Services
ATT	Along Track Tolerance
AW	Area Width
BL	Base Leg
B-RNAV	Navegación de Área Básica
CDI	Course Deviation Indicator
DF	Direct Fix
DL	Downwing Leg
DME	Distance Measuring Equipment
ECAC	European Civil Aviation Conference
EF	Entry Fix
EGNOS	European Geostationary Navigation Overlay System
FAA	Federal Aviation Administration
FD	Course from a Fix to a DME Distance (ARINC 424 Path Terminator) Flight Director
FDE	Fault Detection and Exclusion
GBAS	Ground Based Augmentation System
GEO	Geostationary Satellites
GLONASS	GLObal NAVigation Satellite System
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
HF	High Frequency
IFR	Instrument Flight Rules
INS	Inertial Navigation System
IRS	Inertial Reference System
ITRF	International Terrestrial Reference Frame
JAA	Joint Aviation Authorities
LAAS	Local Area Augmentation System
LORAN	Long Range Air Navigation system

**Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a
MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)**

MCC	Master Control Centres
MEL	Minimum Equipment List
MSAS	Multi-functional Transport Satellite Space-based Augmentation System
MTBF	Mean Time Between Failures
MTOW	Maxim Take Off Weigh
MTTR	Mean Time To Repair
NAVAID	NAVigational AID
NDB	Non-Directional Beacon
NELS	Northern Europe Loran System
NLES	Navigation Land Earth Stations
NOTAM	Notice to Airmen
NOZ	Normal Operating Zone
NPA	Non Precision Approach
NTZ	No-Transgression Zone
OACI	Organización de Aviación Civil Internacional
OIS	Obstacle Identification Surface
PAOAS	Parallel Approach Obstacle Assessment Surfaces
RAIM	Receiver Autonomous Integrity Monitoring
RIMS	Ranging and Integrity Monitoring Stations
RNP	Required Navigation Performance
RTCA	Radio Technical Commission for Aeronautics
RVSM	Required Vertical Separation Minimums
SBAS	Satellite Based Augmentation System
SID	Standard Instrument Departure
SOC	Start Of Climb
SOP	Standard Operating Procedures
SPS	Standard Positioning Service
SSR	Secondary Surveillance Radar
STAR	Standard Terminal Arrival Routes
TGL	Temporary Guidance Leaflet
TMA	Terminal Management Area
VFR	Visual Flight Rules
VHF	Very High Frequency
VOR	VHF Omnidirectional Radio Range
VPN	Virtual Private Network
WAAS	Wide Area Augmentation System
WAD	Wide Area Differential
WGS-84	World Geodetic System 1984
XTT	Across Track Tolerance

4.- BIBLIOGRAFIA:

4.1.- EUROCONTROL.

4.1.1.- <http://www.ecacnav.com/PRNAV>

4.1.2.- RNAV application in terminal airspace an ATC operational perspective. Edición: 2D. Fecha: 22/10/1999.

4.1.3.- Guidance Material for the Design of Terminal Procedures for Area Navigation (DME/DME, B-GNSS, Baro-VNAV & RNP-RNAV). Edición: 3.0. Fecha de edición: Marzo de 2003.

4.1.4.- P-RNAV Approval Guidance Information. Edición: 1. Fecha: Julio de 2003.

4.1.5.- http://elearning.eurocontrol.int/IANS/NAV/prnav/prnav_free_access/firstwin.htm

4.1.6.- LORAN-C feasibility study. AP/ACG/14/6, Fecha de edición: 13 de noviembre de 2001.

4.2.- AIS España, División de Información Aeronáutica. Aena:

4.2.1.- Instrumentos, equipos y documentos de vuelo de las aeronaves. AIP GEN 1.2-1. Fecha: 24 de noviembre de 2005.

4.2.2.- Circulación VFR TMA Madrid. AIP ENR 6.9-7. Fecha 7 de julio de 2005 (AMDT 131/05).

4.2.3.- Carta de salida normalizada, vuelo por instrumentos (SID)-OACI Madrid/Barajas RWY 36L. VEF 01-SEP-05 (AIRAC AMDT 11/05). AD 2-LEMD SID 7.1.

4.2.4.- Carta de salida normalizada, vuelo por instrumentos (SID)-OACI Madrid/Barajas RWY 36R diurno. WEF 07-JUL-05 (AIRAC AMDT 08/05). AD 2-LEMD SID 5.1.

4.2.5.- Carta de salida normalizada, vuelo por instrumentos (SID)-OACI Madrid/Barajas RWY 36R nocturno. WEF 14-APR-05 (AIRAC AMDT 03/05). AD 2-LEMD SID 6.1.

4.2.6.- FIR-UIR-TMA. ENR 2.1. WEF 28-OCT-04. AIS-ESPAÑA. AIRAC AMDT 12/04.

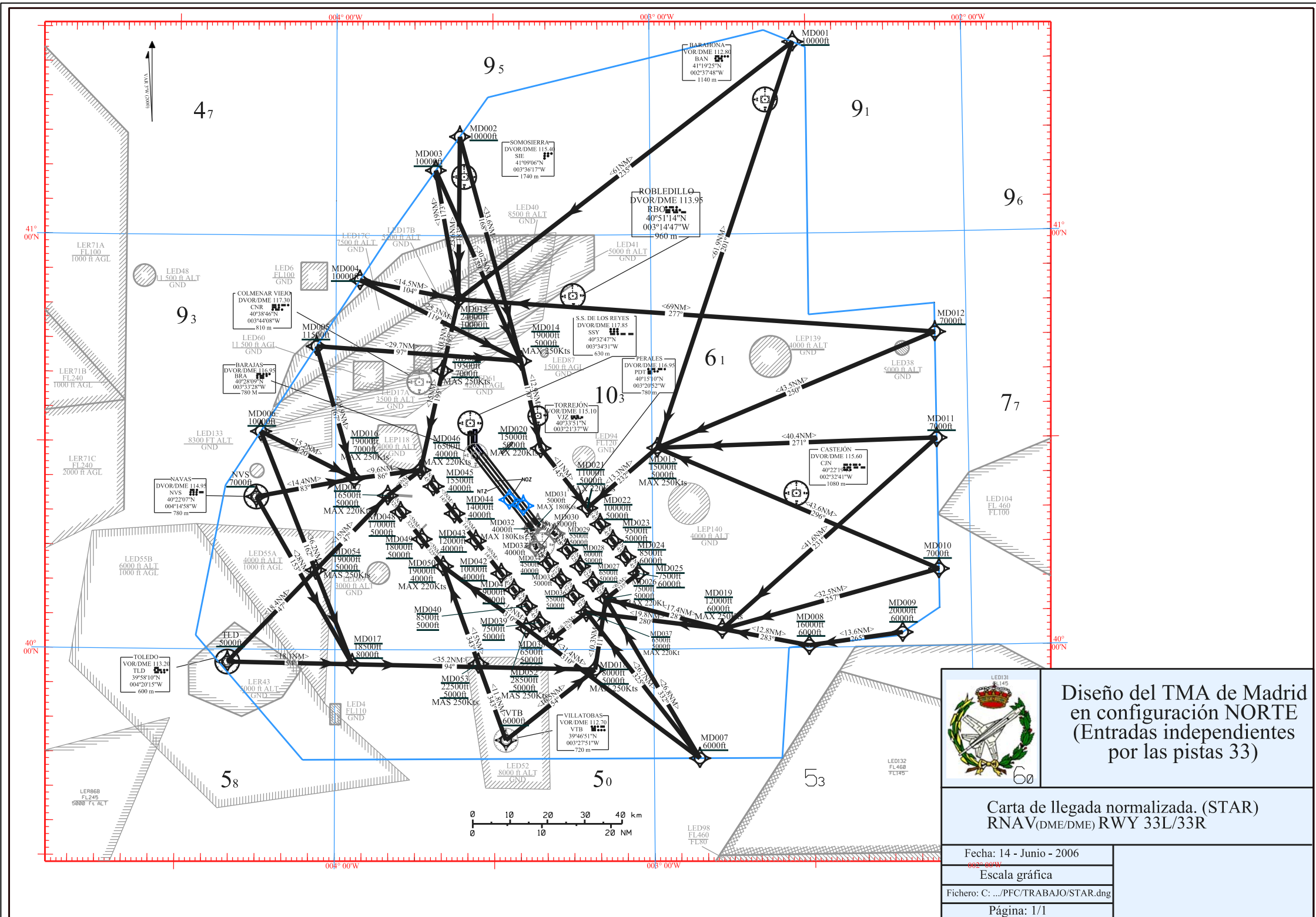
4.2.7.- Zonas prohibidas, restringidas y peligrosas. ENR 5.1. AIS-ESPAÑA.

**Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a
MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)**

- 4.2.8.- AD 2 – LEMD – MADRID / Barajas.
- 4.2.9.- Carta de entrada normalizada, vuelo por instrumentos (STAR)-
OACI Madrid/Barajas RWY 33L/33R. WEF 14-APR-05 (AIRAC AMDT
03/05). AD 2-LEMD STAR 2.1
- 4.2.10.- Carta de aproximación por instrumentos – OACI, Madrid/Barajas
ILS RWY 33L.
- 4.2.11.- Carta de aproximación por instrumentos – OACI, Madrid/Barajas
ILS RWY 33R.
- 4.3.- <http://www.allstar.fiu.edu/aero/RNAV.htm>
- 4.4.- <http://www.aerocivil.gov.co/CNSATM/NAV/GNSS.htm>
- 4.5.- <http://www.faa.gov/ATPUBS/AIM/Chap3/aim0305.html>
- 4.6.- <http://www.faa.gov/ATPUBS/AIM/Chap3/aim0304.html>
- 4.7.- Airspace Change Process Guidance Material. Airspace
Standards. Edición1, IAA Julio de 2004.
- 4.8.- <http://www.skyguide.ch/en/>
- 4.9.- Procedimientos para los servicios de navegación aérea.
Operación de aeronaves. Doc 8168-OPS/611 Volumen II.
- 4.10.- Reglamento de Circulación Aérea.
- 4.11.- Manual on Simultaneous Operations on Parallel or Near-
Parallel Instrument Runways (SOIR). First edition 2004. IACO.

Anexo 1

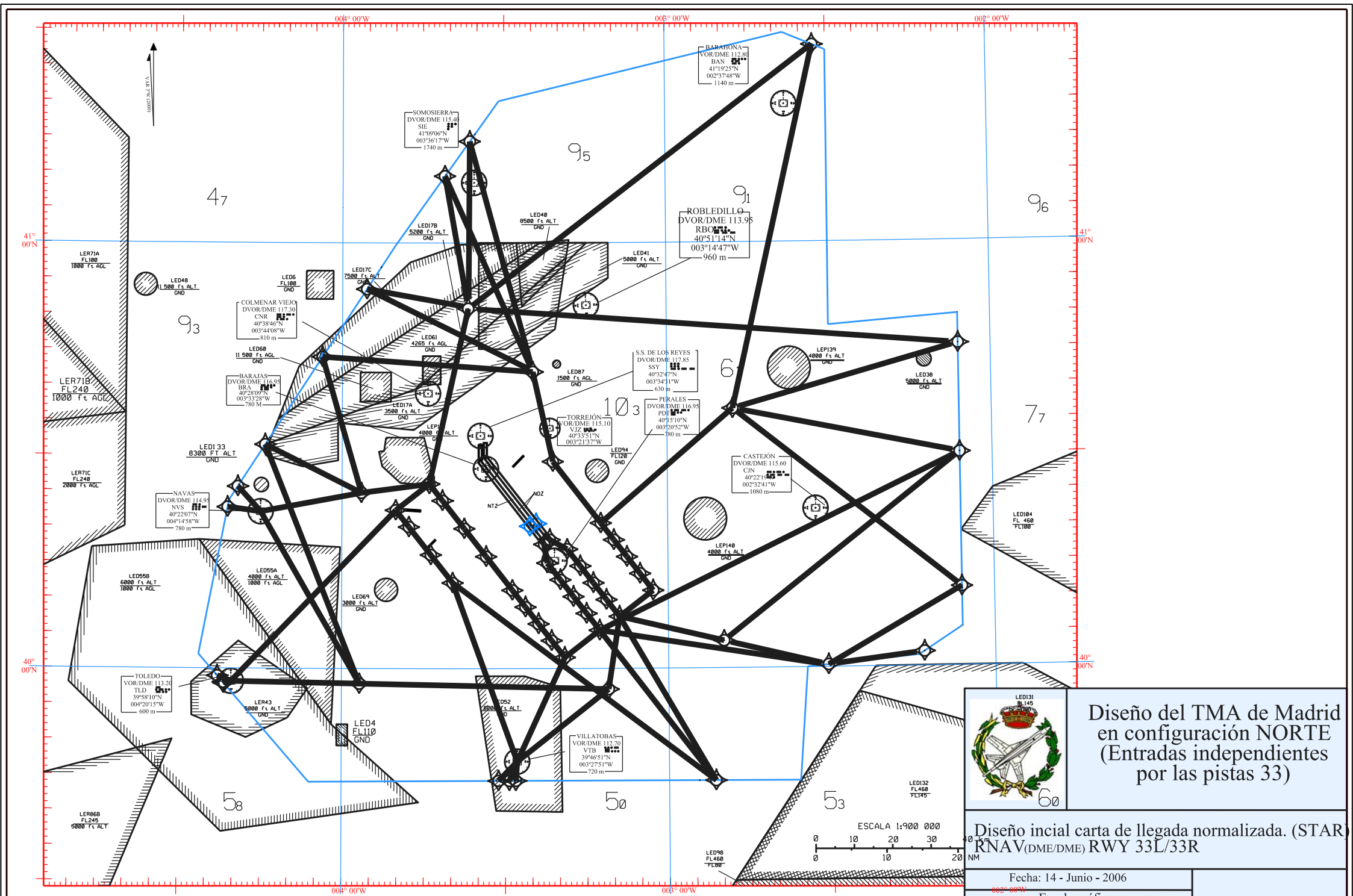
Carta de llegada normalizada. (STAR) RNAV_{DME/DME} RWY 33L/33R



Anexo 2

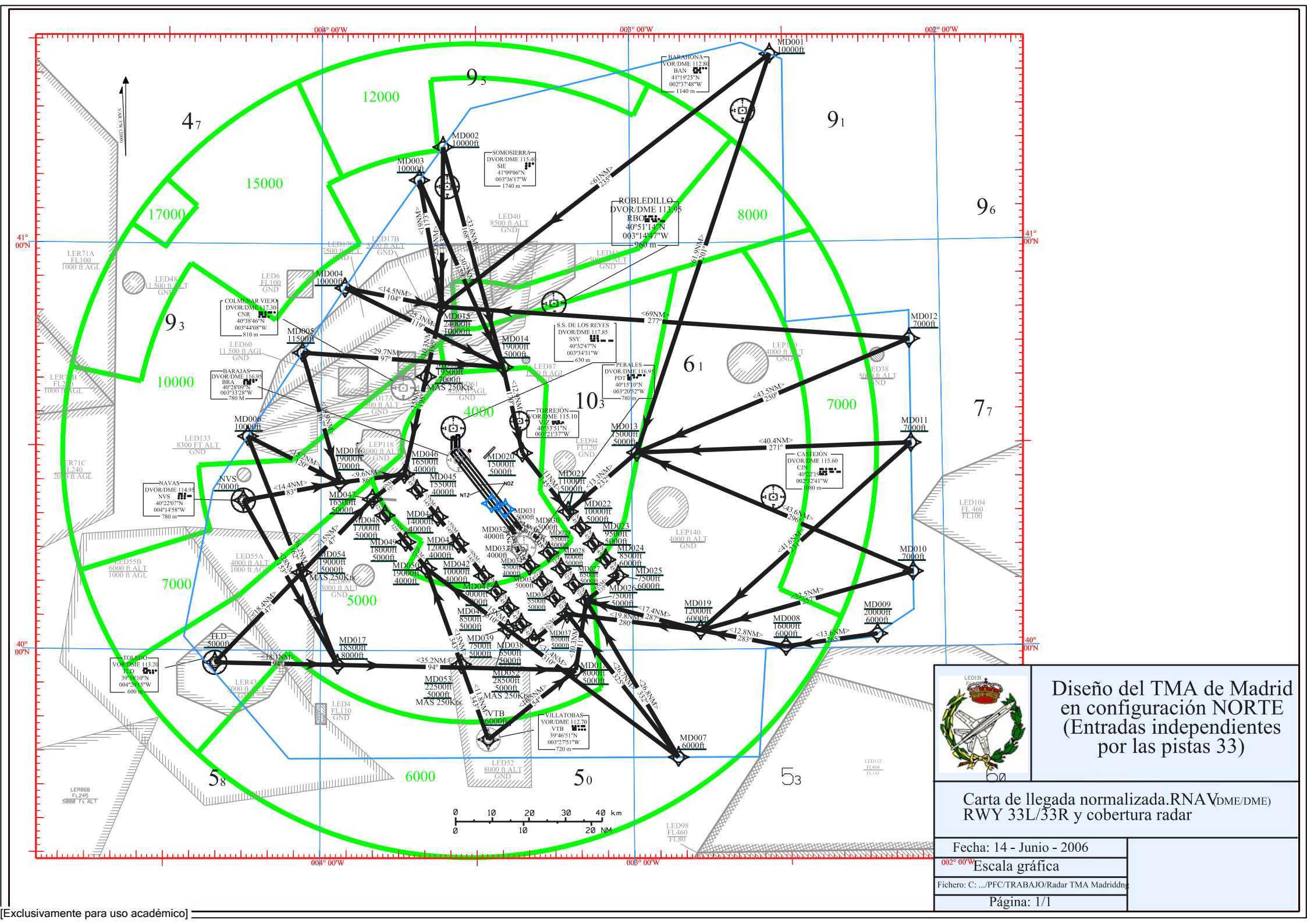
Diseño inicial carta de llegada normalizada. (STAR)

RNAV_{DME/DME} RWY 33L/33R



Anexo 3

Carta de llegada normalizada. (STAR) RNAV_{DME/DME} RWY 33L/33R y cobertura radar



Diseño del TMA de Madrid
en configuración NORTE
(Entradas independientes
por las pistas 33)

Carta de llegada normalizada.RNAV_{DME/DME}
RWY 33L/33R y cobertura radar

Fecha: 14 - Junio - 2006

Escala gráfica

Fichero: C:\PFC\TRABAJO\Radars TMA Madrid\...

Página: 1/1

Anexo 4

Resultados alturas máximas permitidas

**Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a
MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)**

Aerovía	Descendido fuera transiciones [ft]	Descendido en la transición [ft]	Altura máxima por descenso [ft]	Altura máxima permitida [ft]
MD001-MD015-hasta la aproximación en 33L pasando por todos los Waypoint de la transición	26218	12589	428003	24500
MD001-MD013-hasta la aproximación en 33R pasando por todos los Waypoint de la transición	5846	6390	34236	24500
MD002-MD015-hasta la aproximación en 33L pasando por todos los Waypoint de la transición	14856	12589	31445	24500
MD002-MD014-hasta la aproximación en 33R pasando por todos los Waypoint de la transición	14127	10000	29126	24500
MD003-MD015-hasta la aproximación en 33L pasando por todos los Waypoint de la transición	13458	12589	30047	24500
MD003-MD014-hasta la aproximación en 33L pasando por todos los Waypoint de la transición	13094	10000	28094	24500
MD004-MD015-hasta la aproximación en 33R pasando por todos los Waypoint de la transición	12091	12589	28680	24500
MD004-MD014-hasta la aproximación en 33L pasando por todos los Waypoint de la transición	11605	10000	26605	24500
MD005-MD016-hasta la aproximación en 33L pasando por todos los Waypoint de la transición	8962	12589	25551	24500
MD005-MD014-hasta la aproximación en 33R pasando por todos los Waypoint de la transición	12942	10000	27942	24500
MD006-MD016-hasta la aproximación en 33L pasando por todos los Waypoint de la transición	7291	12589	23880	23880
MD006-MD017-hasta la aproximación en 33R	24691	2469	32154	24500
NVS-MD016-hasta la aproximación en 33L pasando por todos los Waypoint de la transición	7291	12589	23880	23880
NVS-MD017-hasta la aproximación en 33R	22200	2469	29669	24500
TLD-MD047-hasta realizar la aproximación en 33L recorriendo todos los	10147	12589	26736	24500

**Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a
MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)**

Waypoint de la transición				
TLD-MD017-hasta la aproximación en 33R	19193	2469	26661	24500
VTB-MD050-hasta realizar la aproximación en 33L pasando por todos los Waypoint de la transición	2482	15262	27403	24500
VTB-MD018-hasta realizar la aproximación en 33R	8013	2469	15481	15481
MD007-MD050-hasta realizar la aproximación en 33L pasando por todos los Waypoint de la transición	14096	15262	33358	24500
MD007-MD037-hasta realizar la aproximación en 33L	8111	2469	14580	14580
MD007-MD026-hasta realizar la aproximación en 33R	8142	2469	15611	15611
MD008-MD019-hasta realizar la aproximación en 33L	6404	2469	12873	12873
MD008-MD019-hasta realizar la aproximación en 33R	9175	2469	16644	16644
MD009-MD008-MD019-hasta realizar la aproximación en 33L	14036	2469	20505	20505
MD009-MD008-MD019-hasta realizar la aproximación en 33R	13306	2469	20775	20775
MD010-MD019-hasta realizar la aproximación en 33L	15891	2469	22360	22360
MD010-MD019-hasta realizar la aproximación en 33R	15162	2469	22631	22631
MD010-MD013-hasta realizar la aproximación en 33R	17286	6390	28676	24500
MD011-MD019-hasta realizar la aproximación en 33L	18653	2469	22653	22653
MD011-MD019-hasta realizar la aproximación en 33R	17924	2469	25393	24500
MD011-MD013-hasta realizar la aproximación en 33R pasando por todos los Waypoint de la transición	16314	6390	22704	22704
MD012-MD015-hasta realizar la aproximación en la 33L pasando por todos los Waypoint de la transición	28648	12589	45237	24500
MD012-MD013-hasta realizar la aproximación en la 33L pasando por todos los Waypoint de la transición	17256	6390	28646	24500

**Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a
MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)**

MD013-hasta realizar la aproximación en 33R pasando por todos los Waypoint de la transición	4040	6390	15431	15431
MD014-hasta realizar la aproximación en 33R pasando por todos los Waypoint de la transición	1194	10000	18919	18919
MD015-hasta realizar la aproximación en 33L pasando por todos los Waypoint de la transición	7686	12589	24275	24275
MD016-hasta realizar la aproximación en 33L pasando por todos los Waypoint de la transición	2916	12589	19505	19505
MD017-hasta realizar la aproximación en 33R	13694	2469	21163	21163
MD018-hasta realizar la aproximación en 33R	3000	2469	10469	10469
MD019-hasta realizar la aproximación en 33L	6015	2469	12484	12484
MD019-hasta realizar la aproximación en 33R	5286	2469	12755	12755
MD020-hasta realizar la aproximación en 33R pasando por todos los Waypoint	-	9984	15000	15000
MD021-hasta realizar la aproximación en 33R pasando por todos los Waypoint	-	6390	11390	11390
MD022-hasta realizar la aproximación en 33R pasando por todos los Waypoint	-	5403	10403	10403
MD023-hasta realizar la aproximación en 33R pasando por todos los Waypoint	-	4428	9428	9428
MD024-hasta realizar la aproximación en 33R pasando por todos los Waypoint	-	3449	8449	8449
MD025-hasta realizar la aproximación en 33R	-	2469	7500	7500
MD026-hasta realizar la aproximación en 33R	-	2469	7500	7500
MD027-hasta realizar la aproximación en 33R	-	1849	6849	6849
MD028-hasta realizar la aproximación en 33R	-	1234	6234	6234
MD029-hasta realizar la aproximación en 33R	-	611	5611	5611
MD030-hasta realizar la aproximación en 33R	-	-	5000	5000
MD031-hasta realizar la aproximación en 33R	-	-	5000	5000

**Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a
MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)**

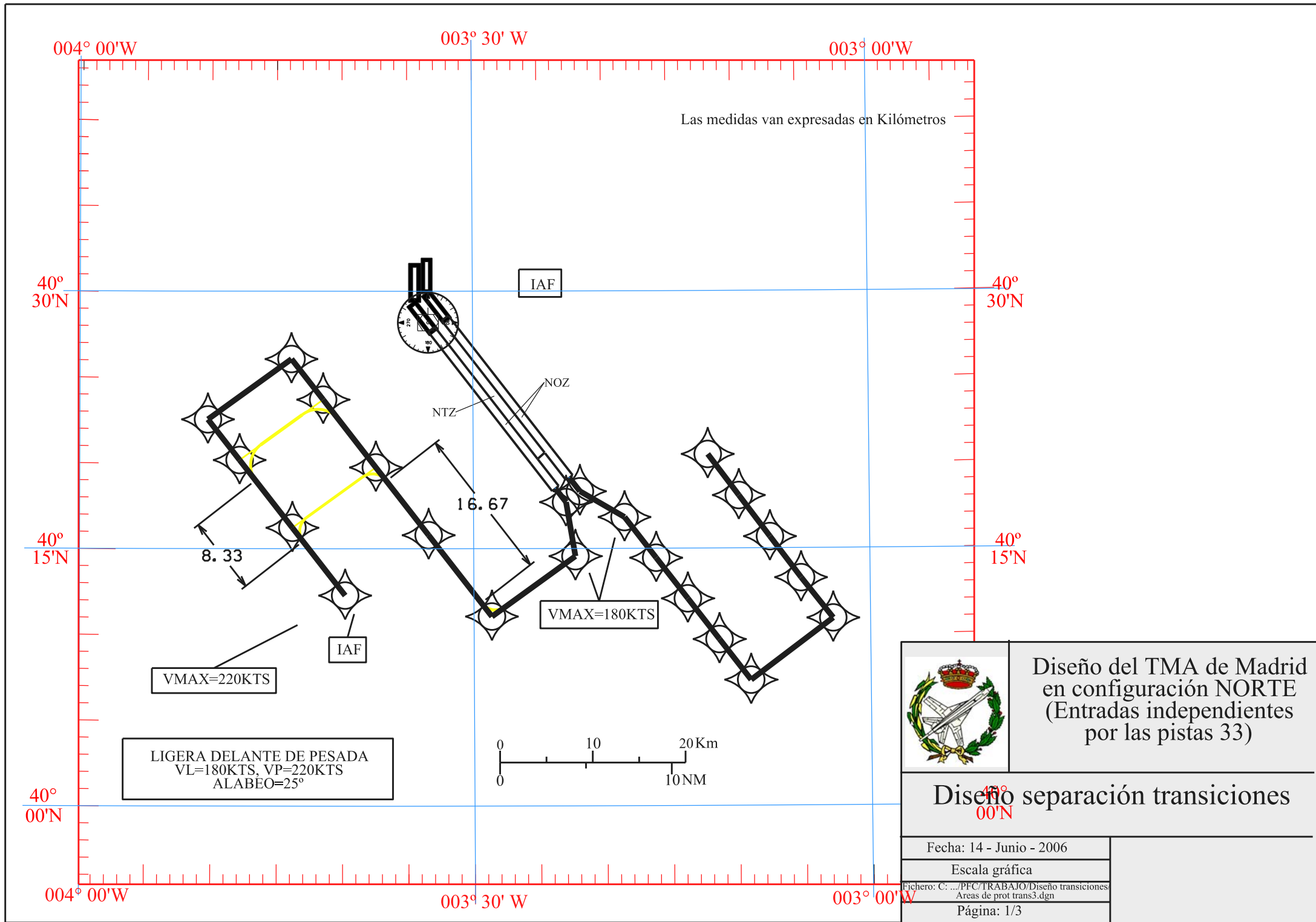
MD032-hasta realizar la aproximación en 33L	-	-	4000	4000
MD033-hasta realizar la aproximación en 33L	-	-	4000	4000
MD034-hasta realizar la aproximación en 33L	-	611	4611	4611
MD035-hasta realizar la aproximación en 33L	-	1234	5234	5234
MD036-hasta realizar la aproximación en 33L	-	1849	5849	5849
MD037-hasta realizar la aproximación en 33L	-	2469	6500	6500
MD038-hasta realizar la aproximación en 33L	-	2469	6500	6500
MD039-hasta realizar la aproximación en 33L pasando por todos los Waypoint	-	3449	7449	7449
MD040-hasta realizar la aproximación en 33L pasando por todos los Waypoint	-	4428	8428	8428
MD041-hasta realizar la aproximación en 33L pasando por todos los Waypoint	-	5403	9403	9403
MD042-hasta realizar la aproximación en 33L pasando por todos los Waypoint	-	6390	10390	10390
MD043-hasta realizar la aproximación en 33L pasando por todos los Waypoint	-	8350	12350	12350
MD044-hasta realizar la aproximación en 33L pasando por todos los Waypoint	-	9983	13983	13983
MD045-hasta realizar la aproximación en 33L pasando por todos los Waypoint	-	11616	15616	15616
MD046-hasta realizar la aproximación en 33L pasando por todos los Waypoint	-	12596	16596	16596
MD047-hasta realizar la aproximación en 33L pasando por todos los Waypoint	-	12596	16596	16596
MD048-hasta realizar la aproximación en 33L pasando por todos los Waypoint	-	13213	17213	17213
MD049-hasta realizar la aproximación en 33L pasando por todos los Waypoint	-	14242	18242	18242

**Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a
MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)**

MD050-hasta realizar la aproximación en 33L pasando por todos los Waypoint	-	15271	19271	19271
--	---	-------	-------	--------------

Anexo 5

Diseño de separación transiciones



Diseño del TMA de Madrid
en configuración NORTE
(Entradas independientes
por las pistas 33)

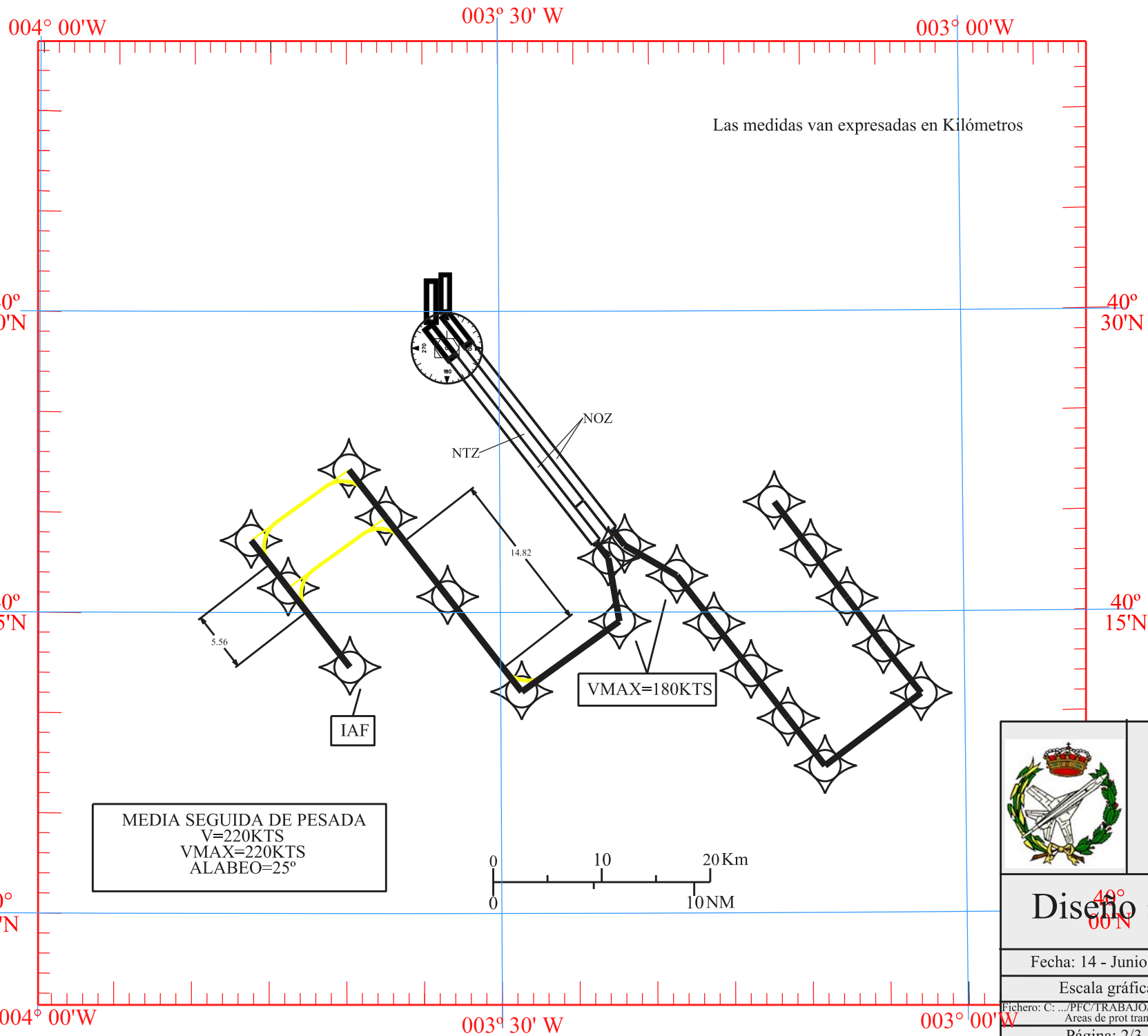
Diseño separación transiciones

Fecha: 14 - Junio - 2006

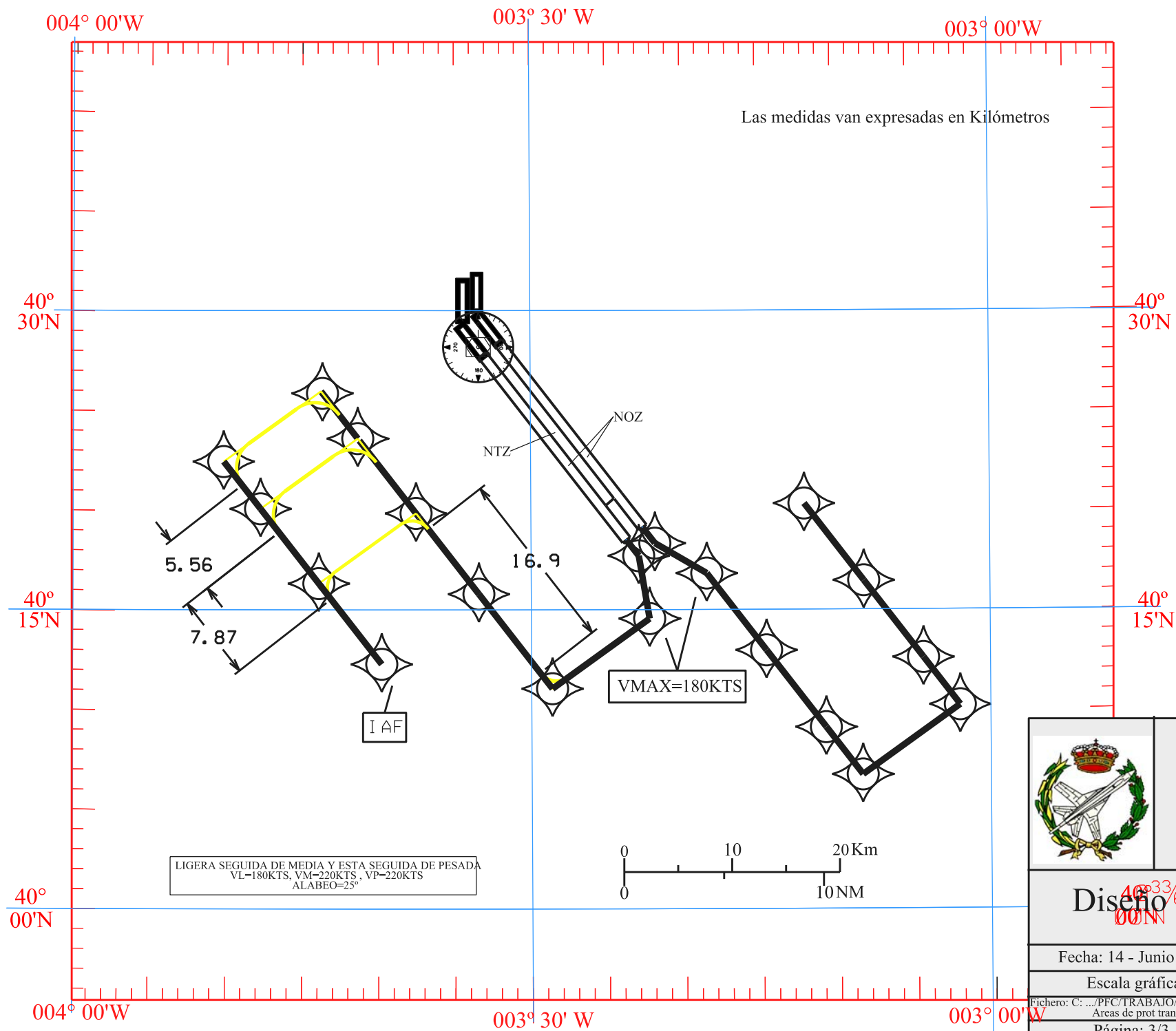
Escala gráfica

Fichero: C: \... \PFC \TRABAJO \Diseño transiciones \
Areas de prot trans3.dgn

Página: 1/3



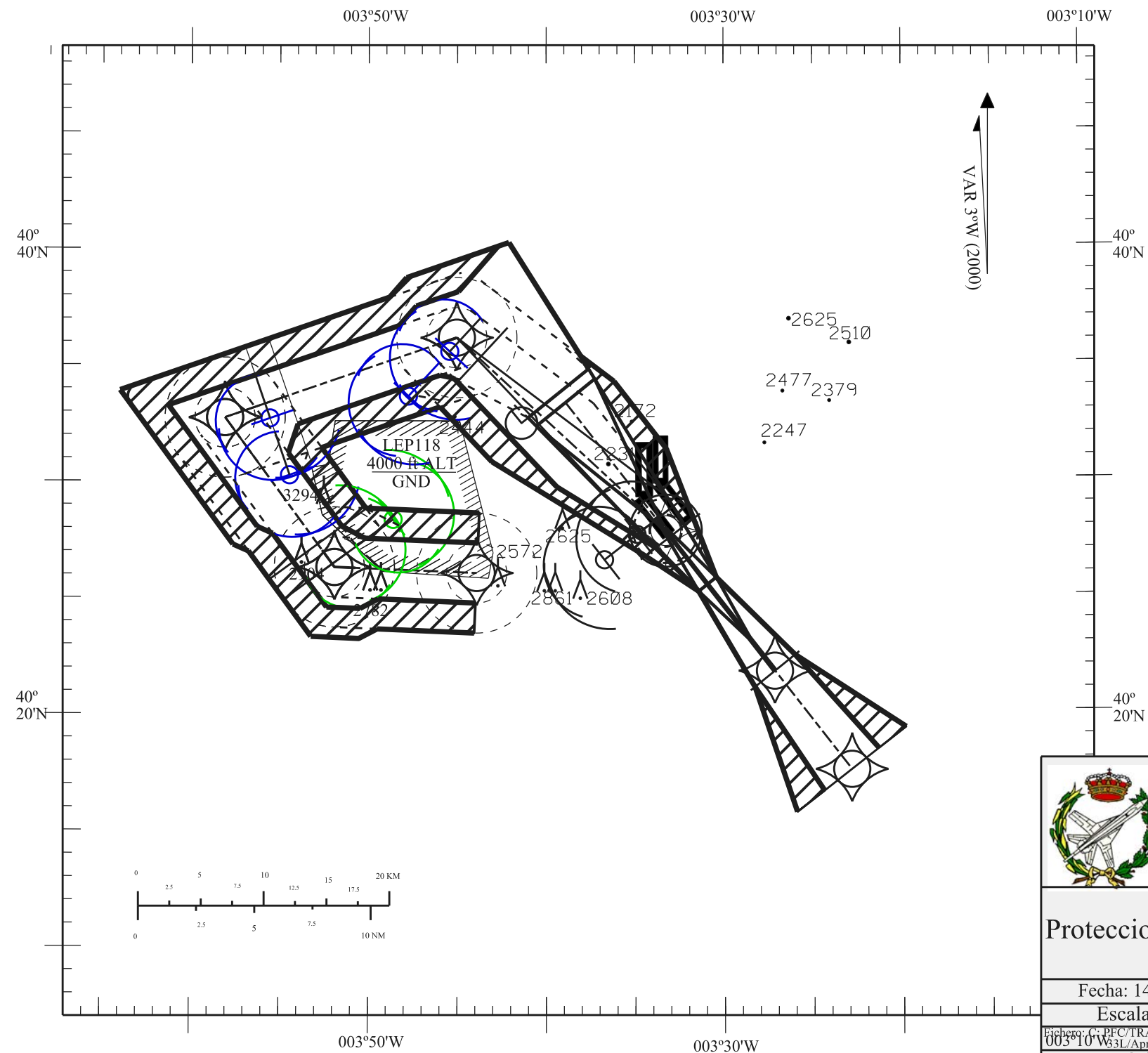
	Diseño del TMA de Madrid en configuración NORTE (Entradas independientes por las pistas 33)	
	Diseño separación transiciones	
	Fecha: 14 - Junio - 2006	
	Escala gráfica	
Fichero: C: .../PFC/TRABAJO/Diseño transiciones/ Areas de prot trans1.dgn		
Página: 2/3		



	Diseño del TMA de Madrid en configuración NORTE (Entradas independientes por las pistas 33)	
	Diseño de separación transiciones	
	Fecha: 14 - Junio - 2006	
	Escala gráfica	
Fichero: C: .../PFC/TRABAJO/Diseño transiciones/ Areas de prot trans2.dgn		
Página: 3/3		

Anexo 6-A

Protecciones aproximación RWY 33L



Diseño del TMA de Madrid
en configuración norte
(Entradas independientes
por las pistas 33)

Protecciones Aproximación ILS RWY 33L

Fecha: 14 - Junio - 2006

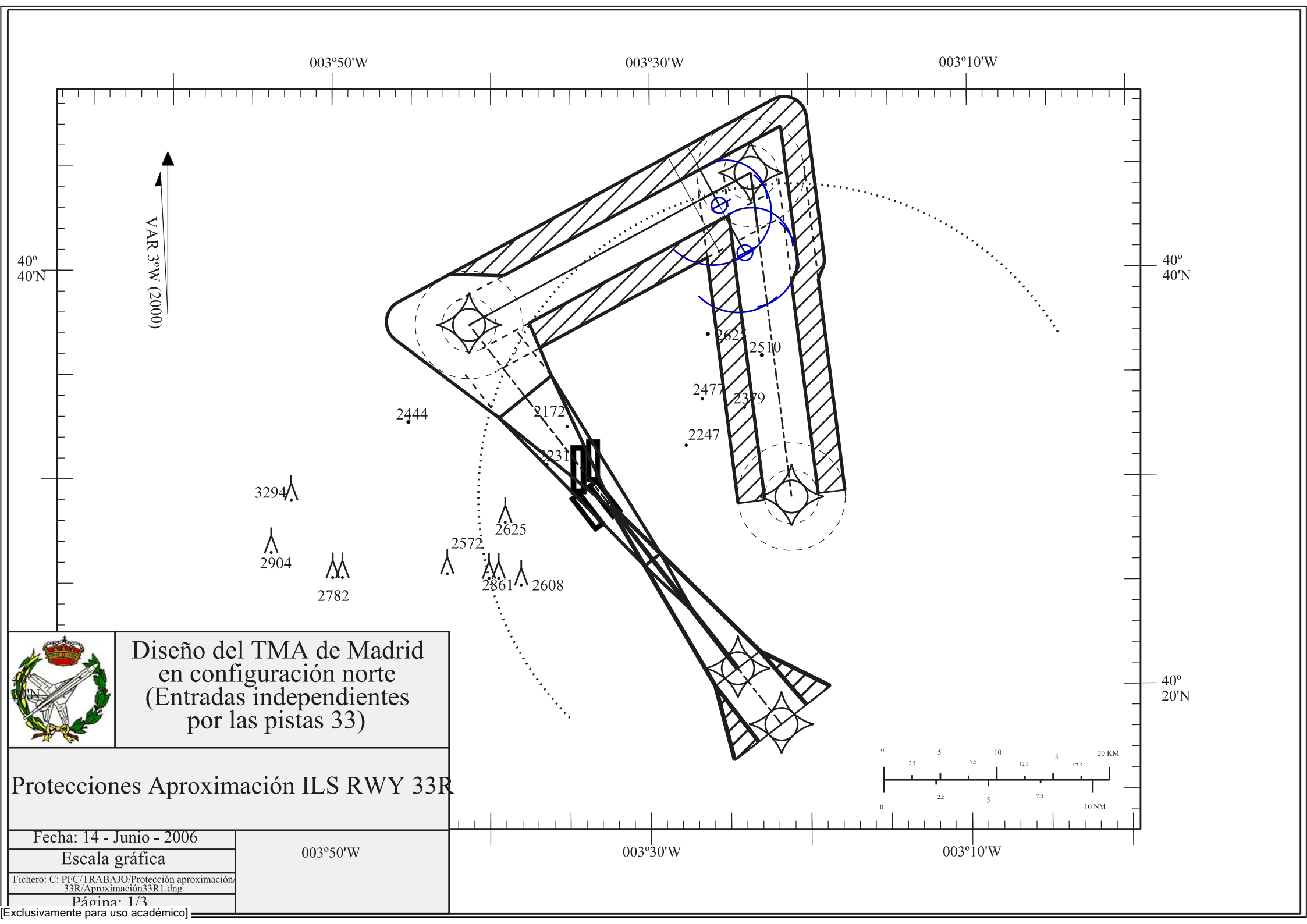
Escala gráfica

Fichero: G:\PFC\TRABAJO\Protección aproximación
33L\Aproximación33L2.dwg

Página: 2/3

Anexo 6-B

Protecciones aproximación RWY 33R



Diseño del TMA de Madrid
en configuración norte
(Entradas independientes
por las pistas 33)

Protecciones Aproximación ILS RWY 33R

Fecha: 14 - Junio - 2006

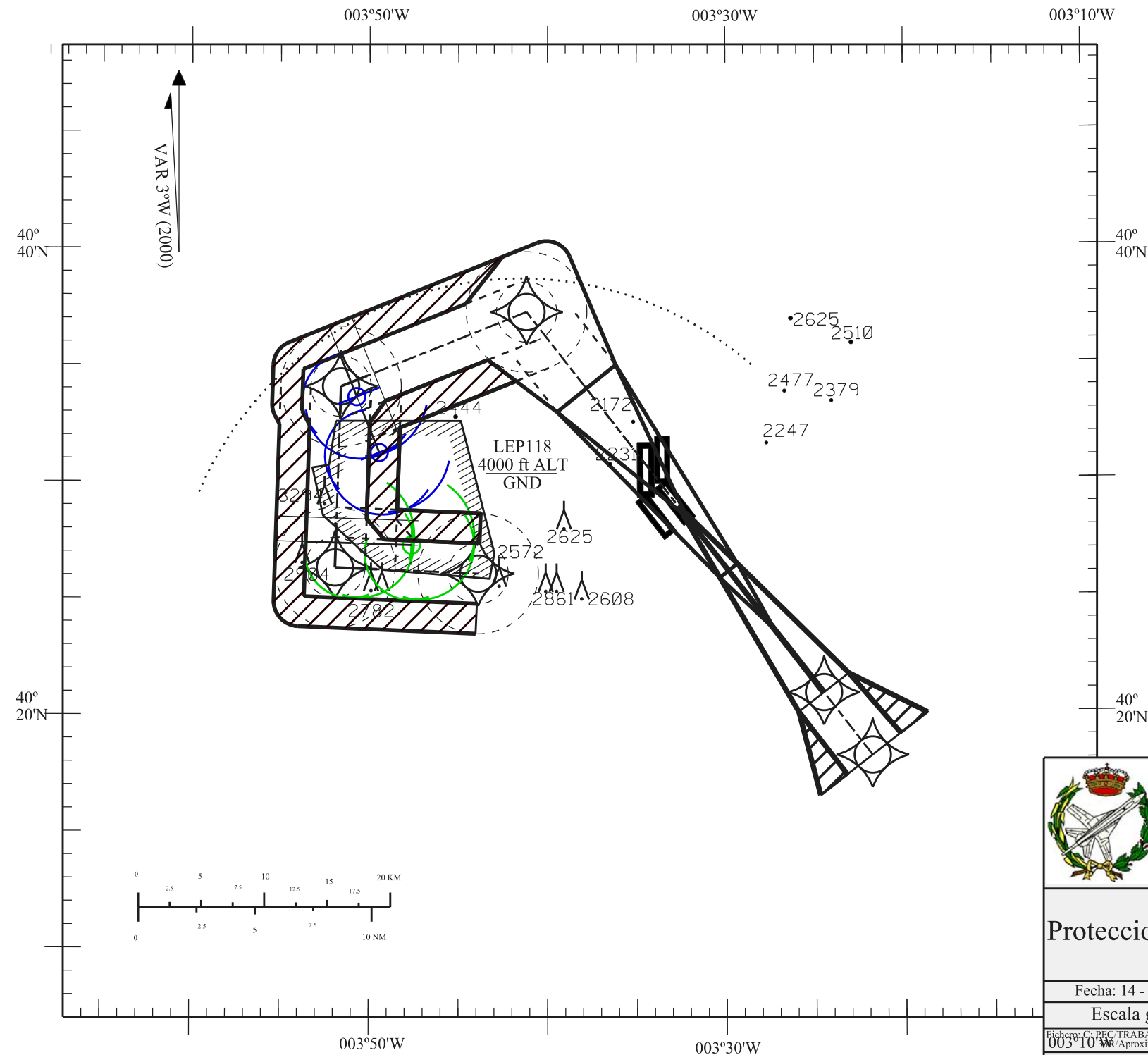
Escala gráfica

Fichero: C:\PFC\TRABAJO\Protección aproximación
33R\Aproximación33R1.dwg

Página: 1/3

[Exclusivamente para uso académico]

003°50'W 003°30'W 003°10'W



Diseño del TMA de Madrid
en configuración norte
(Entradas independientes
por las pistas 33)

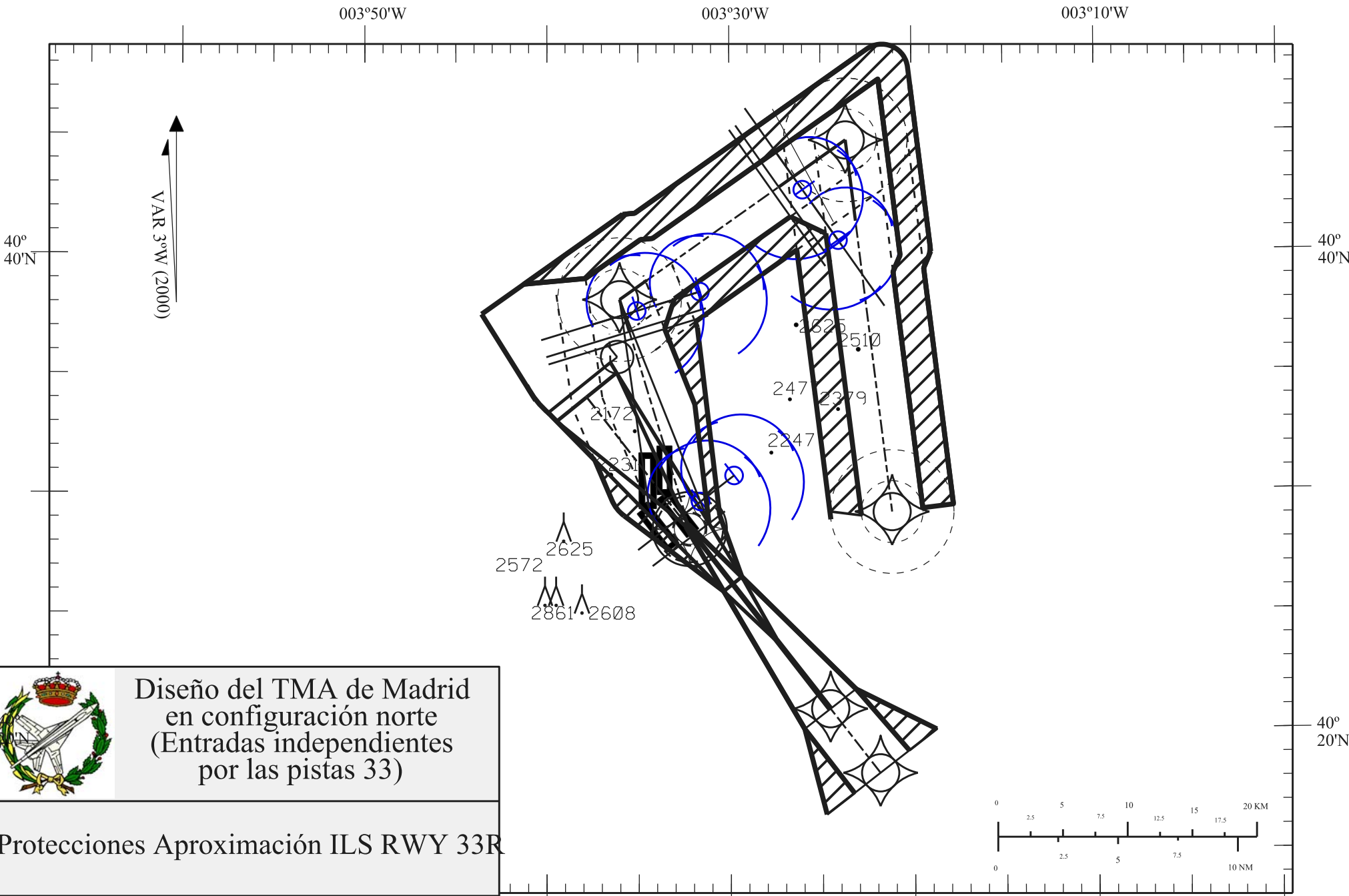
Protecciones Aproximación ILS RWY 33R

Fecha: 14 - Junio - 2006

Escala gráfica

Fichero: C:\PEC\TRABAJO\Protección aproximación
0031033R\Aproximación33R2.dwg

Página: 2/3



Diseño del TMA de Madrid
en configuración norte
(Entradas independientes
por las pistas 33)

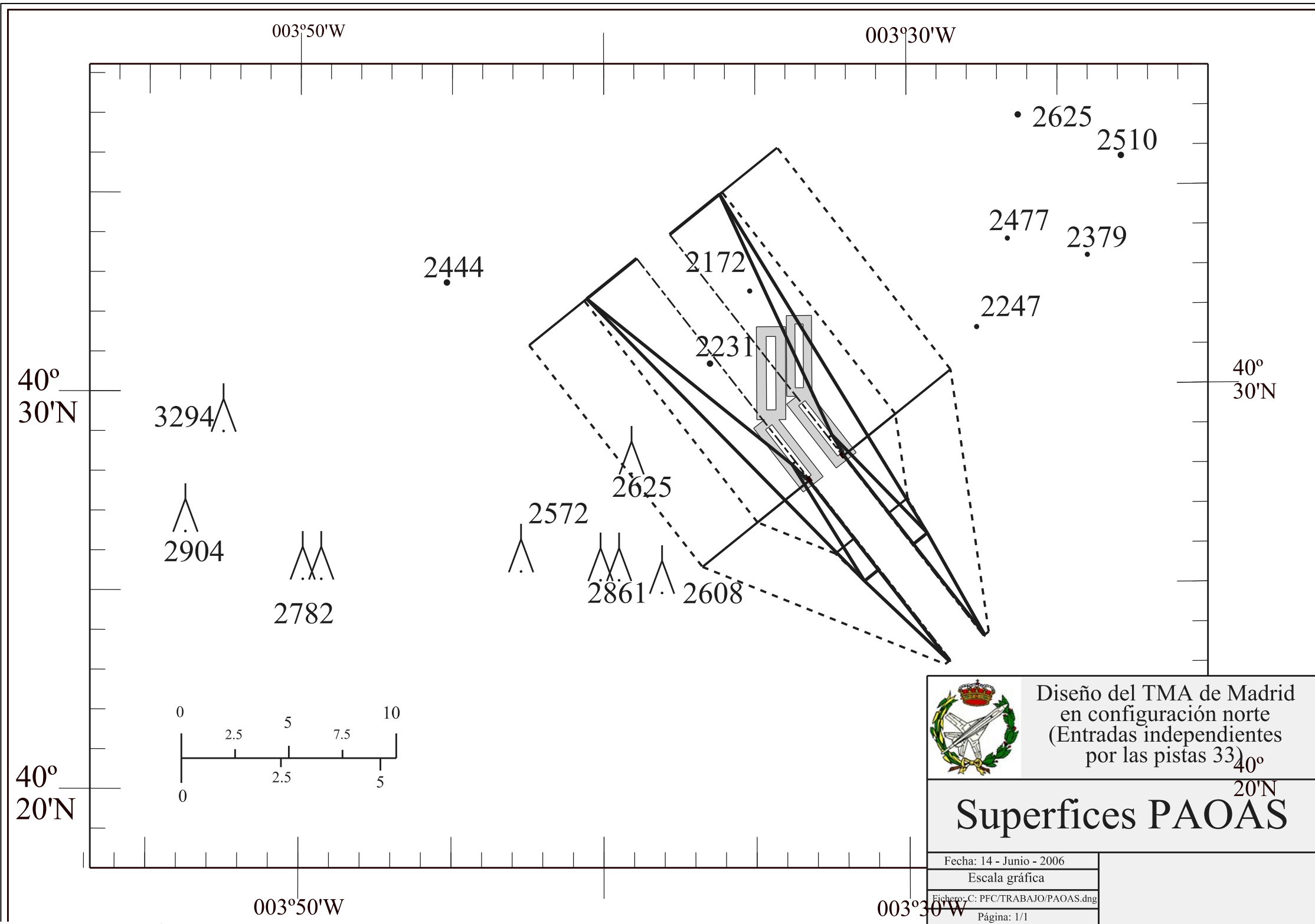
Protecciones Aproximación ILS RWY 33R

Fecha: 14 - Junio - 2006
Escala gráfica
Fichero: C:\PFC\TRABAJO\Protección aproximación
33R\Aproximación33R3.dng
Página: 3/3

003°50'W

Anexo 7

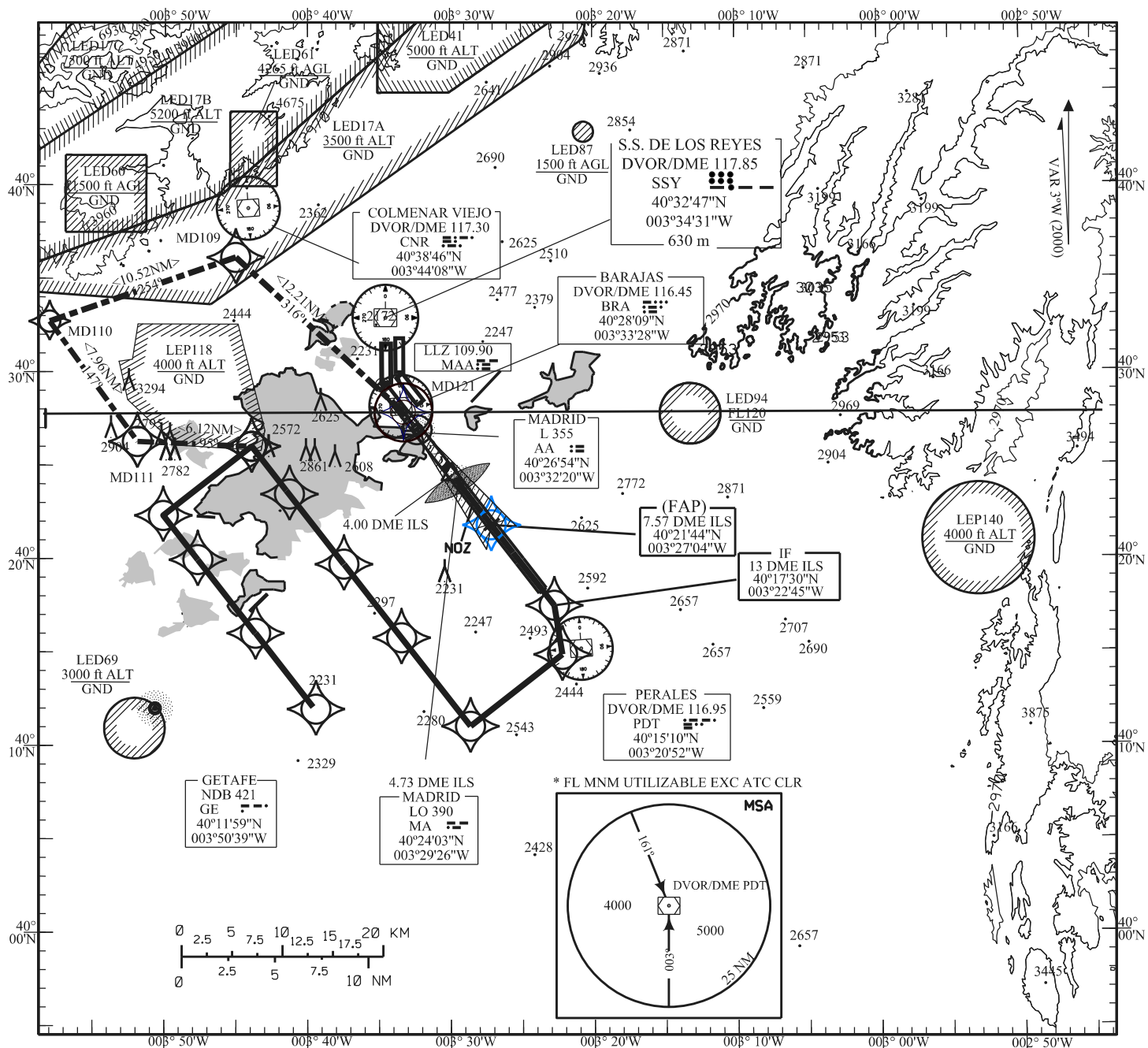
Superficies PAOAS



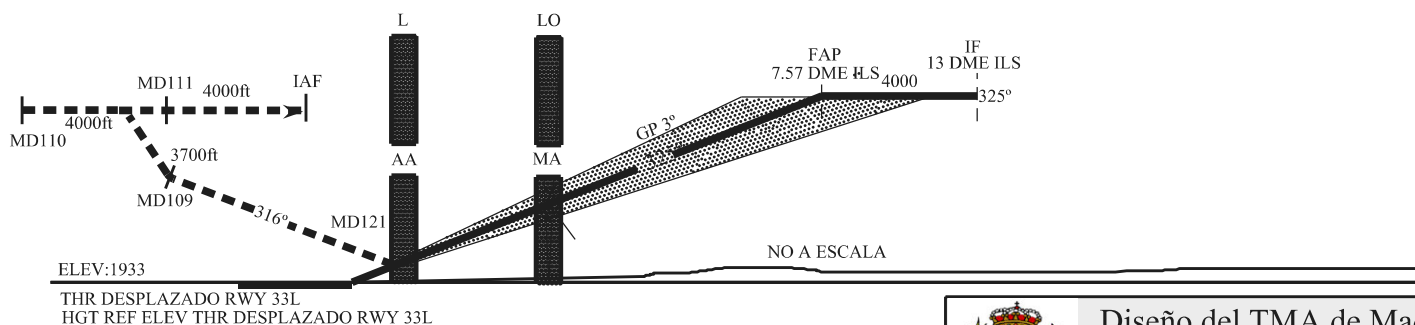
Anexo 8-A

Aproximación ILS

RWY 33L



FRUSTRADA: VIRAR 9° EN EL SOC CON UNA PENDIENTE DEL 2.5%, IR DIRECTO A MD109, SEGUIR ASCIENDIENDO HASTA 4000ft Y CONTINUAR INTERCEPTANDO MD110 Y MD111 PARA PODER VOLVER A REALIZAR LA APROXIMACION.



ELEV:1933

THR DESPLAZADO RWY 33L
HGT REF ELEV THR DESPLAZADO RWY 33L

OCA/H PARA CAT I Y AERONAVES DE CATEGORIA D = 246 ft
V_{máx} EN LA APROXIMACION FRUSTRADA DE 250Kts
V_{máx} A PARTIR DEL IAF DE 220Kts
V_{máx} EN EL IF DE 180Kts



Diseño del TMA de Madrid
en configuración norte
(Entradas independientes
por las pistas 33)

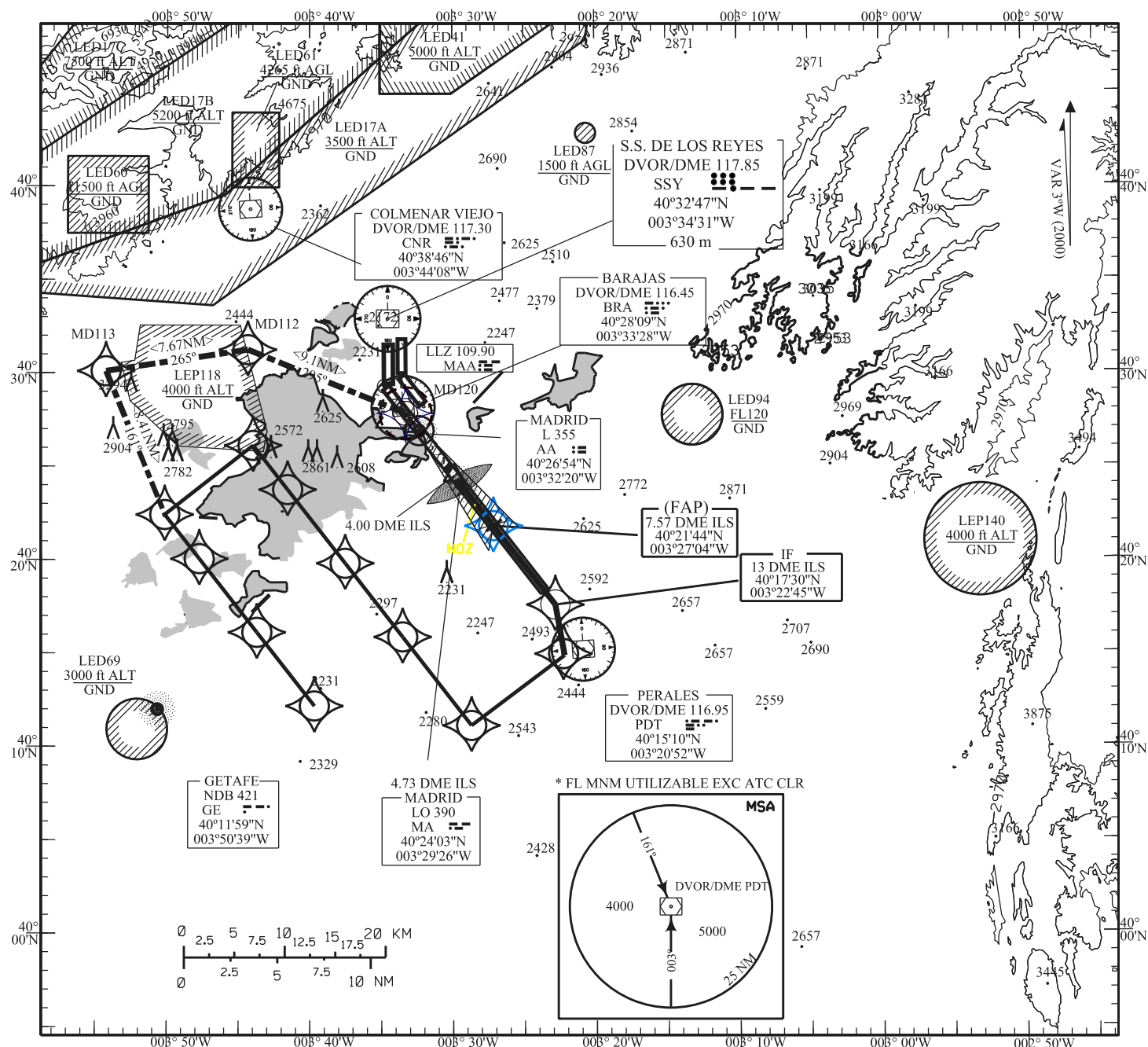
Aproximación ILS RWY 33L

Fecha: 14 - Junio - 2006

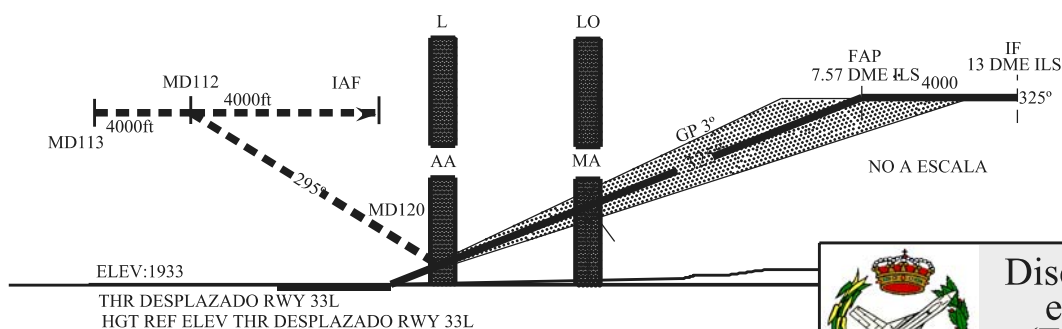
Escala gráfica

Fichero: C: PFC/TRABAJO/Aproximación
33L/Aproximación ILS 33L2.dwg

Página: 2/3



FRUSTRADA: VIRAR 30° EN EL SOC, IR DIRECTO A MD112 ASCIENDIENDO CON UNA PENDIENTE DEL 3.5%, INTERCEPTAR MD113 PARA PODER VOLVER A REALIZAR LA APROXIMACIÓN.



ELEV:1933

THR DESPLAZADO RWY 33L

HGT REF ELEV THR DESPLAZADO RWY 33L

OCA/H PARA CAT I Y AERONAVES DE CATEGORIA D = 246 ft
V_{máx} EN LA APROXIMACIÓN FRUSTRADA DE 250Kts
V_{máx} A PARTIR DEL IAF DE 220Kts
V_{máx} EN EL IF DE 180Kts



Diseño del TMA de Madrid
en configuración norte
(Entradas independientes
por las pistas 33)

Aproximación ILS RWY 33L

Fecha: 14 - Junio - 2006

Escala gráfica

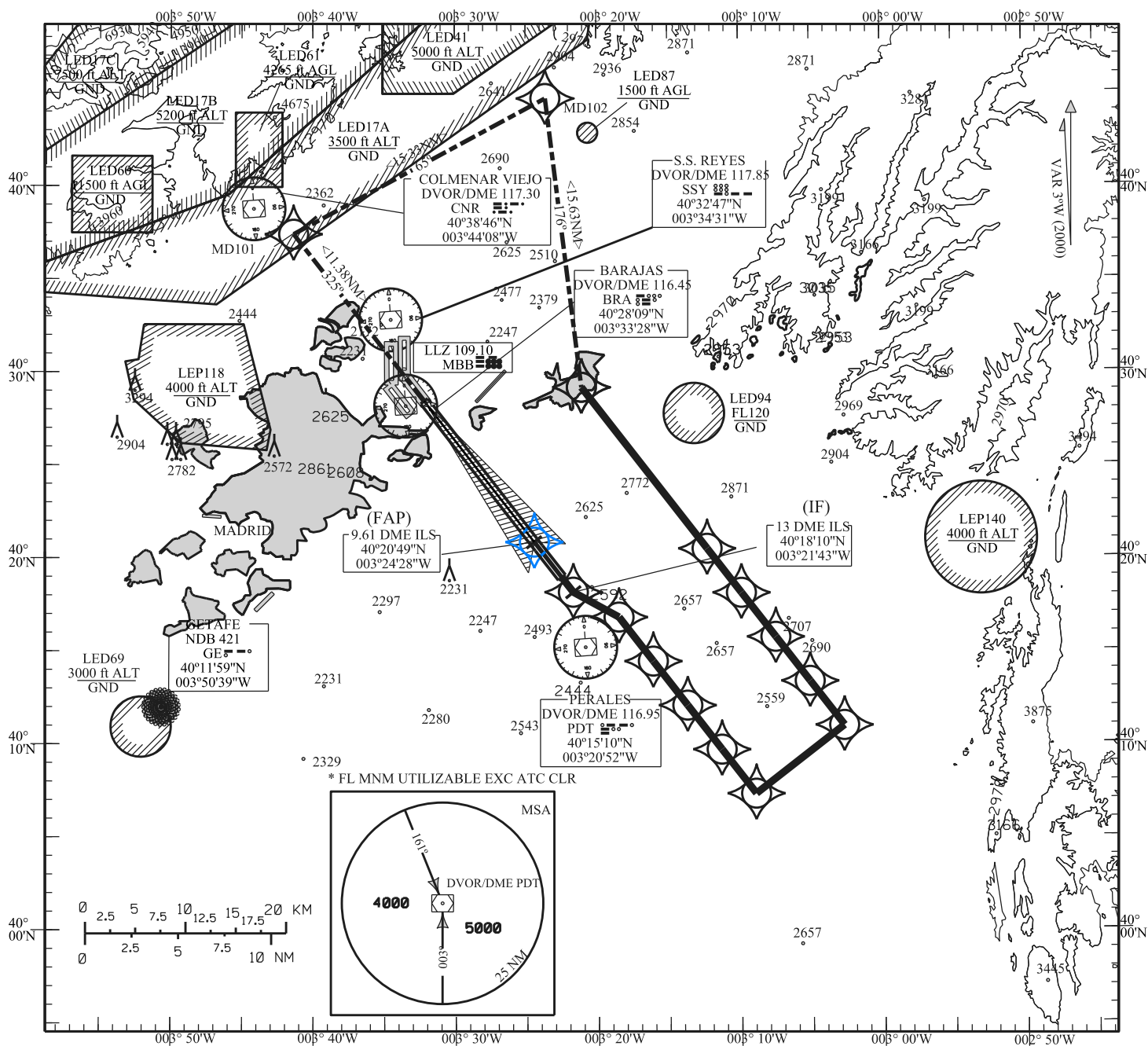
Fichero: C:\PFC\TRABAJO\Aproximación
33L\Aproximación ILS 33L3.dng

Página: 3/3

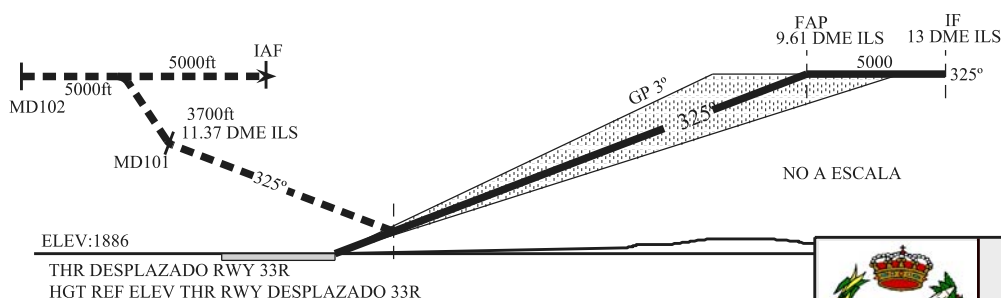
Anexo 8-B

Aproximación ILS

RWY 33R



FRUSTRADA: SUBIR EN RUMBO DE PISTA CON UNA PENDIENTE DEL 2.5% HASTA MD101, ASCENDER A 5000ft, INTERCEPTAR MD102 PARA CONTINUAR HASTA EL IAF Y PROCEDER A REALIZAR LA APROXIMACION



ELEV:1886
THR DESPLAZADO RWY 33R
HGT REF ELEV THR RWY DESPLAZADO 33R

OCA/H PARA CAT I Y AERONAVES DE CATEGORIA D = 271 ft
V_{max} EN LA APROXIMACION FRUSTRADA DE 250Kts
V_{max} A PARTIR DEL IAF DE 220Kts
V_{max} EN EL IF DE 180Kts



Diseño del TMA de Madrid
en configuración norte
(Entradas independientes
por las pistas 33)

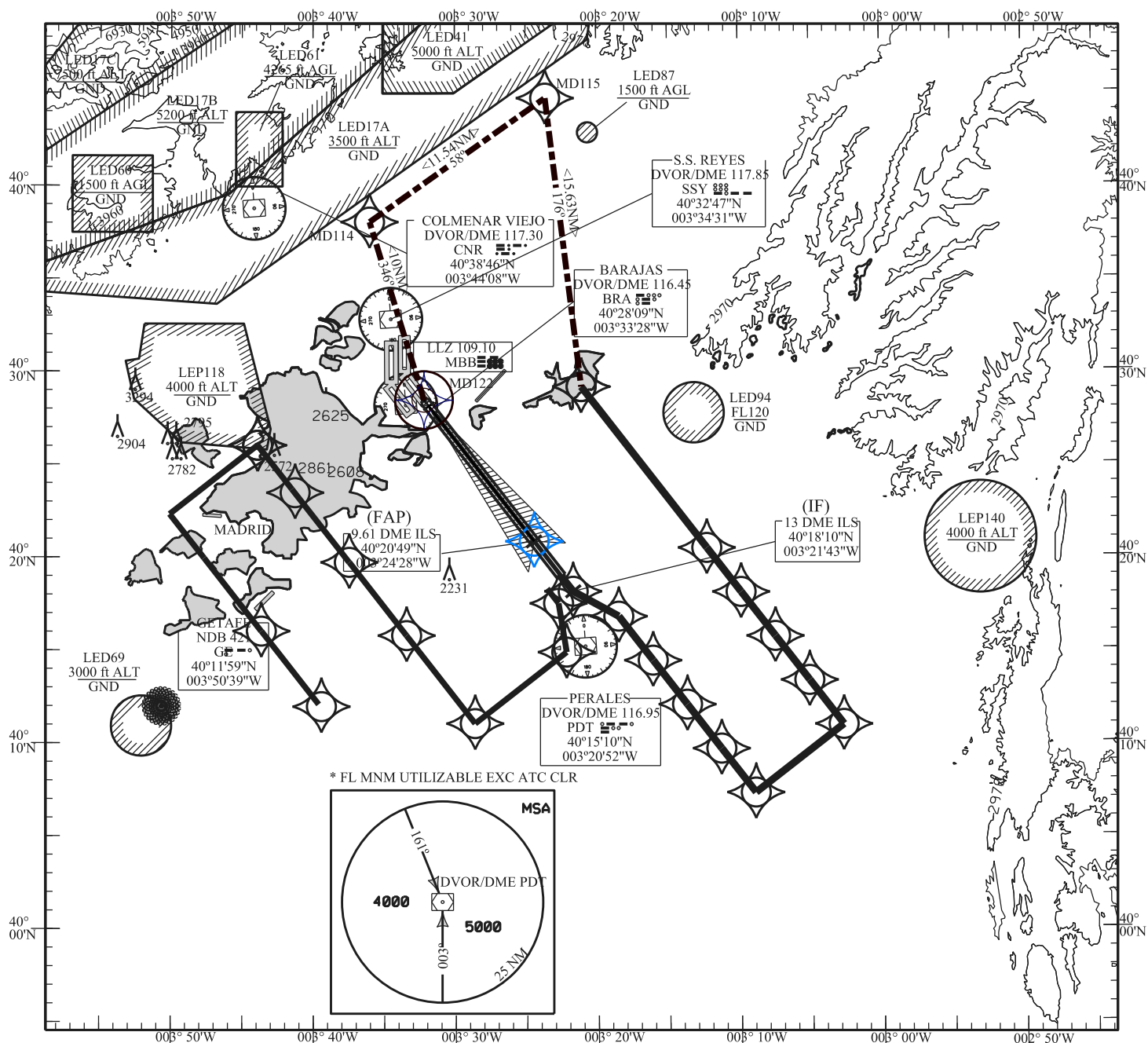
Aproximación ILS RWY 33R

Fecha: 14 - Junio - 2006

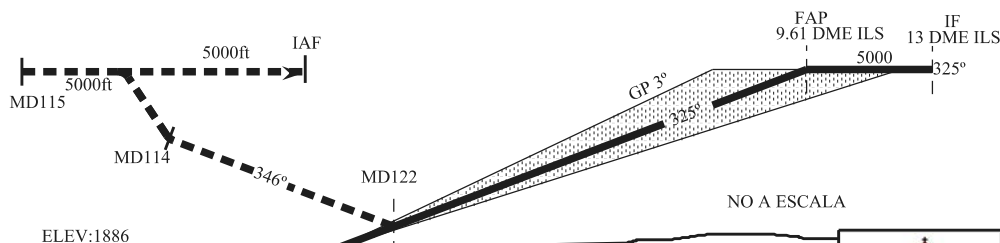
Escala gráfica

Fichero: C:\PFC\TRABAJO\Aproximación
33R\Aproximación ILS 33R 1.dwg

Página: 1/3



FRUSTRADA: VIRAR EN EL SOC 21° PARA INTERCEPTAR MD114 CON UNA PENDIENTE DE ASCENSO DEL 2.5%, ASCENDER A 5000ft E INTERCEPTAR MD115 PARA CONTINUAR HASTA EL IAF Y PROCEDER A REALIZAR LA APROXIMACIÓN



ELEV:1886

THR DESPLAZADO RWY 33R
HGT REF ELEV THR RWY DESPLAZADO 33R

OCA/H PARA CAT I Y AERONAVES DE CATEGORIA D = 271 ft
V_{máx} EN LA APROXIMACIÓN FRUSTRADA DE 250Kts
V_{máx} A PARTIR DEL IAF DE 220Kts
V_{máx} EN EL IF DE 180Kts



Diseño del TMA de Madrid
en configuración norte
(Entradas independientes
por las pistas 33)

Aproximación ILS RWY 33R

Fecha: 14 - Junio - 2006

Escala gráfica

Fichero: C: PFC/TRABAJO/Aproximación/
33R/Aproximación ILS 33R 3.dwg

Página: 3/3

Anexo 9

Distancias de iniciación del giro y radio de giro, mediante fly-by

**Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a
MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)**

TAS (kts) V	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400	420	440
Radius of Turn (NM) r	0.9	1.1	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	3.1	3.7	4.3	4.9	5.6	6.3	7.1	7.9	8.7	9.6	10.5
Track Angle Change α	Turn Initiation Distance (NM) Y																				
≤50	0.4	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.5	1.7	2.0	2.3	2.6	2.9	3.3	3.7	4.1	4.5	4.9
55	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.8	1.9	2.2	2.5	2.9	3.3	3.7	4.1	4.5	5.0	5.5
60	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.3	1.4	1.5	1.8	2.1	2.5	2.8	3.2	3.6	4.1	4.5	5.0	5.5	6.1
65	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.3	1.4	1.5	1.7	2.0	2.3	2.7	3.1	3.5	4.0	4.5	5.0	5.6	6.1	6.7
70	0.6	0.7	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5	1.7	1.8	2.2	2.6	3.0	3.4	3.9	4.4	4.9	5.5	6.1	6.7	7.4
75	0.7	0.8	0.9	1.1	1.2	1.4	1.5	1.7	1.8	2.0	2.4	2.8	3.3	3.8	4.3	4.8	5.4	6.0	6.7	7.4	8.1
80	0.8	0.9	1.0	1.2	1.3	1.5	1.6	1.8	2.0	2.2	2.6	3.1	3.6	4.1	4.7	5.3	5.9	6.6	7.3	8.1	8.8
85	0.8	1.0	1.1	1.3	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.9	3.4	3.9	4.5	5.1	5.8	6.5	7.2	8.0	8.8	9.7
90	0.9	1.1	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	3.1	3.7	4.3	4.9	5.6	6.3	7.1	7.9	8.7	9.6	10.5
95	1.0	1.2	1.3	1.5	1.7	1.9	2.1	2.4	2.6	2.9	3.4	4.0	4.7	5.3	6.1	6.9	7.7	8.6	9.5	10.5	11.5
100	1.1	1.3	1.5	1.7	1.9	2.1	2.3	2.6	2.9	3.1	3.7	4.4	5.1	5.8	6.6	7.5	8.4	9.4	10.4	11.4	12.6
105	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.3	2.6	2.8	3.1	3.4	4.1	4.8	5.6	6.4	7.3	8.2	9.2	10.2	11.4	12.5	13.7
110	1.3	1.5	1.7	2.0	2.2	2.5	2.8	3.1	3.4	3.8	4.5	5.3	6.1	7.0	8.0	9.0	10.1	11.2	12.4	13.7	15.0
115	1.4	1.7	1.9	2.2	2.5	2.8	3.1	3.4	3.8	4.1	4.9	5.8	6.7	7.7	8.7	9.9	11.1	12.3	13.7	15.1	16.5
120	1.6	1.8	2.1	2.4	2.7	3.1	3.4	3.8	4.2	4.6	5.4	6.4	7.4	8.5	9.7	10.9	12.2	13.6	15.1	16.6	18.3

Table 24- Turn Initiation Distances and Turn Radii for Fly-by Turns (15° AOB)

**Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a
MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)**

TAS (Kts) V	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400	420	440
Radius of Turn (NM) r	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.3	1.4	1.6	1.8	1.9	2.3	2.7	3.1	3.6	4.1	4.6	5.2	5.8	6.4	7.1	7.8
Track Angle Change α	Turn Initiation Distance (NM) Y																				
α	≤50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	130	140	150	160	170	180
≤50	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	1.1	1.3	1.5	1.7	1.9	2.2	2.4	2.7	3.0	3.6
55	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.8	0.8	0.9	1.0	1.3	1.4	1.6	1.9	2.1	2.4	2.7	3.0	3.3	3.7	4.0
60	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.3	1.6	1.8	2.1	2.4	2.7	3.0	3.3	3.7	4.1	4.5
65	0.4	0.5	0.6	0.7	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.5	1.7	2.0	2.3	2.6	3.0	3.3	3.7	4.1	4.5	4.9
70	0.5	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.6	1.9	2.2	2.5	2.9	3.2	3.6	4.1	4.5	5.0	5.4
75	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5	1.8	2.1	2.4	2.8	3.1	3.6	4.0	4.4	4.9	5.4	6.0
80	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.9	2.3	2.6	3.0	3.4	3.9	4.4	4.9	5.4	5.9	6.5
85	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.8	2.1	2.5	2.9	3.3	3.8	4.2	4.8	5.3	5.9	6.5	7.1
90	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.3	1.4	1.6	1.8	1.9	2.3	2.7	3.1	3.6	4.1	4.6	5.2	5.8	6.4	7.1	7.8
95	0.7	0.9	1.0	1.1	1.3	1.4	1.6	1.7	1.9	2.1	2.5	3.0	3.4	3.9	4.5	5.1	5.7	6.3	7.0	7.8	8.5
100	0.8	0.9	1.1	1.2	1.4	1.5	1.7	1.9	2.1	2.3	2.7	3.2	3.7	4.3	4.9	5.5	6.2	6.9	7.6	8.4	9.2
105	0.9	1.0	1.2	1.3	1.5	1.7	1.9	2.1	2.3	2.5	3.0	3.5	4.1	4.7	5.3	6.0	6.8	7.5	8.4	9.2	10.1
110	1.0	1.1	1.3	1.5	1.7	1.9	2.1	2.3	2.5	2.8	3.3	3.9	4.5	5.1	5.9	6.6	7.4	8.3	9.2	10.1	11.1
115	1.1	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.3	2.5	2.8	3.0	3.6	4.3	4.9	5.7	6.4	7.3	8.1	9.1	10.1	11.1	12.2
120	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.5	2.8	3.1	3.4	4.0	4.7	5.4	6.2	7.1	8.0	9.0	10.0	11.1	12.2	13.4

Table 25 - Turn Initiation Distances and Turn Radii for Fly-by Turns (20° AOB)

**Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a
MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)**

TAS (kts) V	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400	420	440
Radius of Turn (NM) r	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.3	1.4	1.5	1.8	2.1	2.5	2.8	3.2	3.6	4.1	4.5	5.0	5.5	6.1
Track Angle Change α	Turn Initiation Distance (NM) Y																				
≤ 50	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	1.0	1.1	1.3	1.5	1.7	1.9	2.1	2.3	2.6	2.8
55	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.7	0.8	1.0	1.1	1.3	1.5	1.7	1.9	2.1	2.4	2.6	2.9	3.2
60	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.1	2.3	2.6	2.8	3.2	3.5
65	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.3	1.6	1.8	2.0	2.3	2.6	2.9	3.2	3.5	3.9
70	0.4	0.4	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.3	1.5	1.7	2.0	2.2	2.5	2.8	3.2	3.5	3.9	4.2
75	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.6	1.9	2.2	2.5	2.8	3.1	3.5	3.8	4.2	4.8
80	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	0.9	1.0	1.2	1.3	1.5	1.8	2.1	2.4	2.7	3.0	3.4	3.8	4.2	4.8	5.1
85	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.3	1.4	1.7	1.9	2.2	2.6	2.9	3.3	3.7	4.1	4.6	5.1	5.6
90	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.3	1.4	1.5	1.8	2.1	2.5	2.8	3.2	3.6	4.1	4.5	5.0	5.5	6.1
95	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5	1.7	2.0	2.3	2.7	3.1	3.5	3.9	4.4	4.9	5.5	6.0	6.6
100	0.6	0.7	0.8	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.8	2.1	2.5	2.9	3.4	3.8	4.3	4.8	5.4	6.0	6.6	7.2
105	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.3	1.5	1.6	1.8	2.0	2.3	2.8	3.2	3.7	4.2	4.7	5.3	5.9	6.5	7.2	7.9
110	0.8	0.9	1.0	1.1	1.3	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.6	3.0	3.5	4.0	4.6	5.2	5.8	6.5	7.1	7.9	8.6
115	0.8	1.0	1.1	1.3	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.8	3.3	3.8	4.4	5.0	5.7	6.4	7.1	7.9	8.7	9.5
120	0.9	1.1	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	3.1	3.7	4.2	4.9	5.5	6.3	7.0	7.8	8.7	9.6	10.5

Table 26 - Turn Initiation Distances and Turn Radii for Fly-by Turns (25° AOB)

Anexo 10

Longitud mínima de los segmentos para las transiciones fly-over

**Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a
MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)**

Track Angle Change α	TAS (kts)														
	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	240	260	280	300	340
≤ 50	2.1	2.4	2.8	3.1	3.5	3.9	4.3	4.7	5.2	5.7	6.7	7.8	9.0	10.2	13.0
55	2.3	2.6	3.0	3.4	3.8	4.2	4.6	5.1	5.6	6.1	7.2	8.4	9.7	11.1	14.1
60	2.4	2.8	3.2	3.6	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.6	7.8	9.1	10.4	11.9	15.2
65	2.6	3.0	3.4	3.8	4.3	4.8	5.3	5.9	6.4	7.0	8.3	9.7	11.2	12.8	16.3
70	2.8	3.2	3.6	4.1	4.6	5.1	5.7	6.2	6.9	7.5	8.9	10.3	11.9	13.6	17.4
75	2.9	3.4	3.8	4.3	4.8	5.4	6.0	6.6	7.3	7.9	9.4	11.0	12.7	14.5	18.5
80	3.1	3.5	4.0	4.6	5.1	5.7	6.3	7.0	7.7	8.4	9.9	11.6	13.4	15.3	19.5
85	3.2	3.7	4.2	4.8	5.4	6.0	6.6	7.3	8.0	8.8	10.4	12.2	14.1	16.1	20.5
90	3.4	3.9	4.4	5.0	5.6	6.3	6.9	7.7	8.4	9.2	10.9	12.7	14.7	16.8	21.5
95	3.5	4.0	4.6	5.2	5.8	6.5	7.2	8.0	8.8	9.6	11.4	13.3	15.3	17.5	22.4
100	3.6	4.2	4.8	5.4	6.1	6.8	7.5	8.3	9.1	10.0	11.8	13.8	15.9	18.2	23.3
105	3.7	4.3	4.9	5.6	6.3	7.0	7.8	8.6	9.4	10.3	12.2	14.3	16.5	18.9	24.1
110	3.9	4.4	5.1	5.7	6.4	7.2	8.0	8.8	9.7	10.6	12.6	14.7	17.0	19.4	24.8
115	4.0	4.6	5.2	5.9	6.6	7.4	8.2	9.1	10.0	10.9	12.9	15.1	17.4	20.0	25.5
120	4.0	4.7	5.3	6.0	6.8	7.5	8.4	9.3	10.2	11.1	13.2	15.4	17.8	20.4	26.1

Table 30 - Minimum Segment Lengths for Fly-over Transitions (15° AOB)

**Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a
MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)**

Track Angle Change	TAS (kts)														
	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	240	260	280	300	340
α															
≤ 50	1.7	2.0	2.2	2.5	2.8	3.1	3.4	3.8	4.1	4.5	5.3	6.2	7.1	8.1	10.3
55	1.9	2.1	2.4	2.7	3.0	3.3	3.7	4.1	4.4	4.9	5.7	6.6	7.6	8.7	11.1
60	2.0	2.2	2.5	2.9	3.2	3.6	3.9	4.3	4.8	5.2	6.1	7.1	8.2	9.3	11.9
65	2.1	2.4	2.7	3.0	3.4	3.8	4.2	4.6	5.1	5.5	6.5	7.6	8.7	10.0	12.7
70	2.2	2.5	2.9	3.2	3.6	4.0	4.4	4.9	5.4	5.9	6.9	8.1	9.3	10.6	13.5
75	2.3	2.6	3.0	3.4	3.8	4.2	4.7	5.2	5.7	6.2	7.3	8.5	9.8	11.2	14.3
80	2.5	2.8	3.2	3.6	4.0	4.5	4.9	5.4	6.0	6.5	7.7	9.0	10.3	11.8	15.1
85	2.6	2.9	3.3	3.7	4.2	4.7	5.2	5.7	6.2	6.8	8.1	9.4	10.9	12.4	15.8
90	2.7	3.0	3.4	3.9	4.4	4.9	5.4	5.9	6.5	7.1	8.4	9.8	11.3	13.0	16.5
95	2.8	3.1	3.6	4.0	4.5	5.1	5.6	6.2	6.8	7.4	8.8	10.2	11.8	13.5	17.2
100	2.9	3.3	3.7	4.2	4.7	5.2	5.8	6.4	7.0	7.7	9.1	10.6	12.2	14.0	17.8
105	3.0	3.4	3.8	4.3	4.8	5.4	6.0	6.6	7.3	7.9	9.4	10.9	12.6	14.4	18.4
110	3.0	3.4	3.9	4.4	5.0	5.6	6.2	6.8	7.5	8.2	9.7	11.3	13.0	14.9	19.0
115	3.1	3.5	4.0	4.5	5.1	5.7	6.3	7.0	7.7	8.4	9.9	11.6	13.3	15.3	19.5
120	3.2	3.6	4.1	4.6	5.2	5.8	6.4	7.1	7.8	8.5	10.1	11.8	13.6	15.6	19.9

**Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a
MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)**

Track Angle Change α	TAS (kts)														
	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	240	260	280	300	340
≤ 50	1.7	1.9	2.1	2.2	2.4	2.6	2.9	3.2	3.5	3.8	4.5	5.2	6.0	6.8	8.6
55	1.9	2.0	2.2	2.4	2.5	2.8	3.1	3.4	3.7	4.1	4.8	5.6	6.4	7.3	9.2
60	2.0	2.2	2.3	2.5	2.7	3.0	3.3	3.6	4.0	4.3	5.1	5.9	6.8	7.8	9.9
65	2.1	2.3	2.5	2.7	2.9	3.2	3.5	3.9	4.2	4.6	5.4	6.3	7.2	8.3	10.5
70	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.3	3.7	4.1	4.5	4.9	5.7	6.7	7.7	8.7	11.1
75	2.3	2.5	2.7	3.0	3.2	3.5	3.9	4.3	4.7	5.1	6.0	7.0	8.1	9.2	11.7
80	2.5	2.7	2.9	3.1	3.3	3.7	4.1	4.5	4.9	5.4	6.3	7.4	8.5	9.7	12.3
85	2.6	2.8	3.0	3.2	3.5	3.9	4.3	4.7	5.1	5.6	6.6	7.7	8.9	10.1	12.9
90	2.7	2.9	3.1	3.4	3.6	4.0	4.4	4.9	5.4	5.9	6.9	8.0	9.3	10.6	13.5
95	2.8	3.0	3.2	3.5	3.7	4.2	4.6	5.1	5.6	6.1	7.2	8.4	9.6	11.0	14.0
100	2.9	3.1	3.4	3.6	3.9	4.3	4.8	5.2	5.8	6.3	7.4	8.6	10.0	11.4	14.5
105	3.0	3.2	3.5	3.7	4.0	4.4	4.9	5.4	5.9	6.5	7.7	8.9	10.3	11.7	15.0
110	3.0	3.3	3.6	3.8	4.1	4.5	5.0	5.6	6.1	6.7	7.9	9.2	10.6	12.1	15.4
115	3.1	3.4	3.6	3.9	4.2	4.7	5.2	5.7	6.2	6.8	8.1	9.4	10.8	12.4	15.8
120	3.2	3.4	3.7	4.0	4.3	4.8	5.3	5.8	6.4	7.0	8.2	9.6	11.1	12.6	16.1

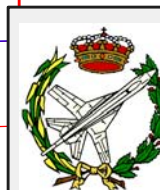
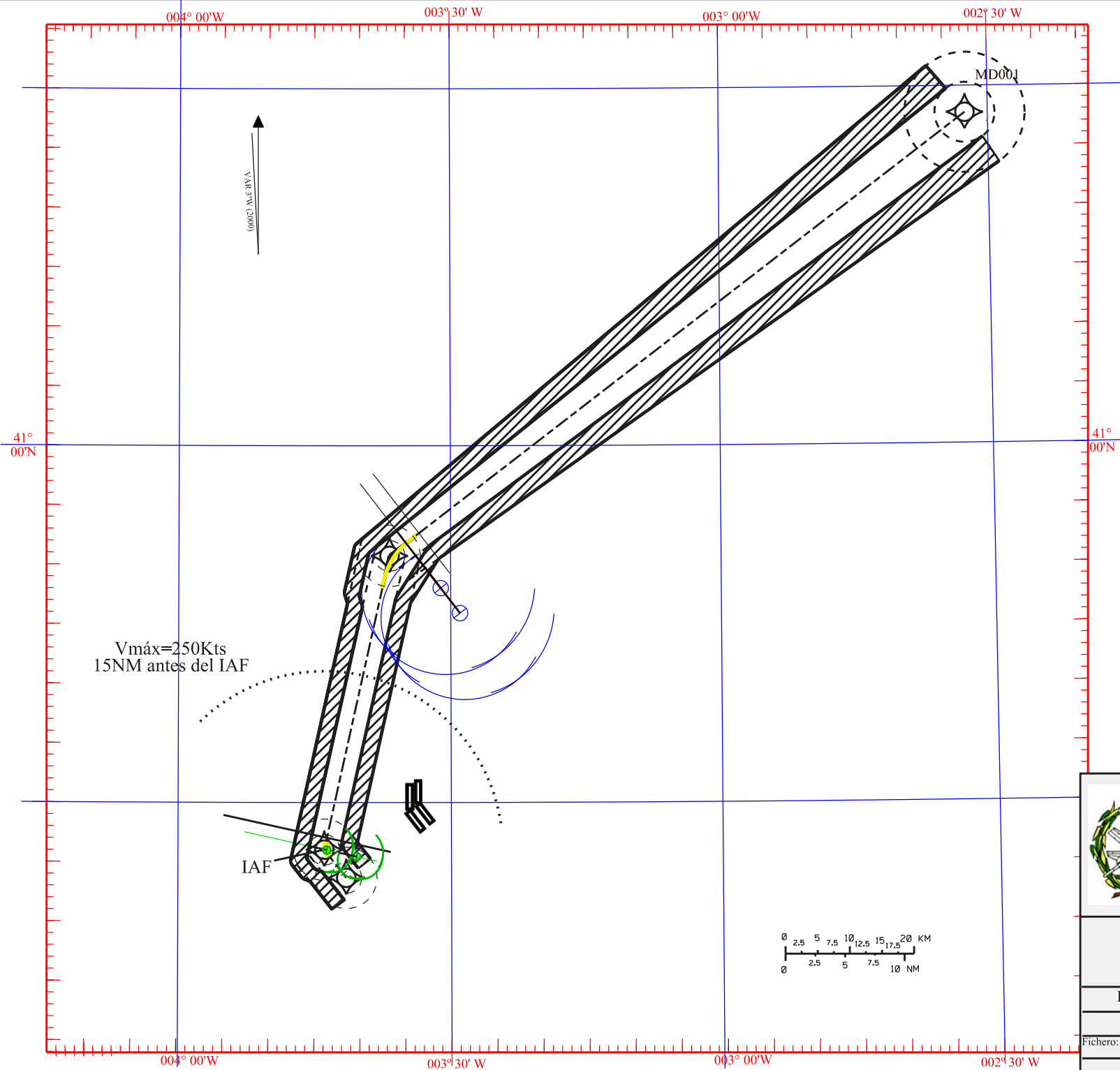
Table 32- Minimum Segment Lengths for Fly-over Transitions (25° AOB)

Anexo 11-A

Protecciones rutas de entrada RWY 33L

Numero de carta	Tramo	Ángulo de cambio de rumbo (α) [°]	Velocidad en el giro (V)[Kts]	Ángulo de alabeo (ϕ)[°]	Radio de giro (r)[m]	Distancia de iniciación (Y)[m]	ATT [m]	ATT+Roll [m]
1/16	MD001-MD015	20	440	25	11297.2	5185.6	592.64	1944.6
	MD015-MD046							
2/16	MD002-MD015	12	440	25	11297.2	5185.6	592.64	1944.6
	MD015-MD046							
3/16	MD003-MD015	22	440	25	11297.2	5185.6	592.64	1944.6
	MD015-MD046							
4/16	MD004-MD015	92	440	25	11297.2	11297.2	592.64	1944.6
	MD015-MD046							
5/16	MD005-MD016	82	250	25	3611.4	3055.8	592.64	1364.37
	MD016-MD046							
6/16	MD006-MD016	35	250	25	3611.4	2778		1364.37
	MD016-MD046							
9/16	VTB-MD050	70	220	25	2778	2037.2	592.64	1259
	MD050-MD049							
11/16	MD007-MD050	16	220	25	2778	1296.4	592.64	1259
	MD050-MD049							
12/16	MD019-MD037	46	220	25	2778	1296.4	592.64	1259
	MD037-MD036							
13/16	MD009-MD008	20	440	25	11297.2	5185.6	592.64	1944.6
	MD008-MD019							
	MD019-MD037	46	220	25	2778	1296.4	592.64	1259
	MD037-MD036							
14/16	MD010-MD019	23	440	25	11297.2	5185.6	592.64	1944.6
	MD019-MD037							
	MD019-MD037	46	220	25	2778	1296.4	592.64	1259
	MD037-MD036							

15/16	MD011-MD019	50	440	25	11297.2	5185.6	592.64	1944.6
	MD019-MD037							
	MD019-MD037	46	220	25	2778	1296.4	592.64	1259
	MD037-MD036							
16/16	MD012-MD015	82	440	25	11297.2	9445.2	592.64	1944.6
	MD015-MD046							
	MD015-MD046	50	220	25	2778	1296.4	592.64	1259
	MD046-MD045							



Diseño del TMA de Madrid en configuración NORTE (Entradas independientes por las pistas 33)

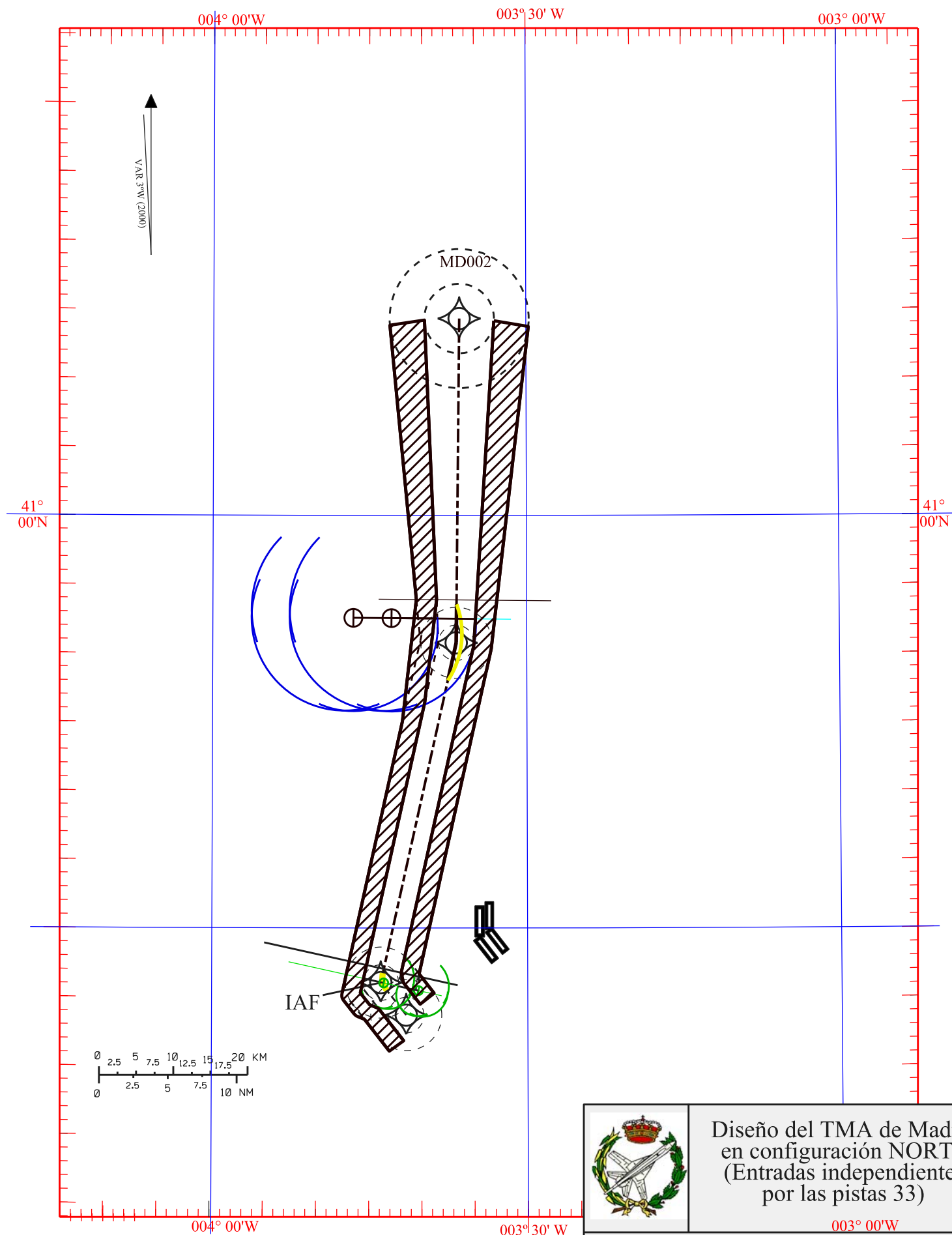
Protecciones rutas de entrada RWY 33L
RNAV_(DME/DME)

Fecha: 14 - Junio - 2006

Escala gráfica

Fichero: C:\...\PFC/TRABAJO/Proteccion entradas
33L/Proteccion entradas1 1.dng

Página: 1/16



Diseño del TMA de Madrid
en configuración NORTE
(Entradas independientes
por las pistas 33)

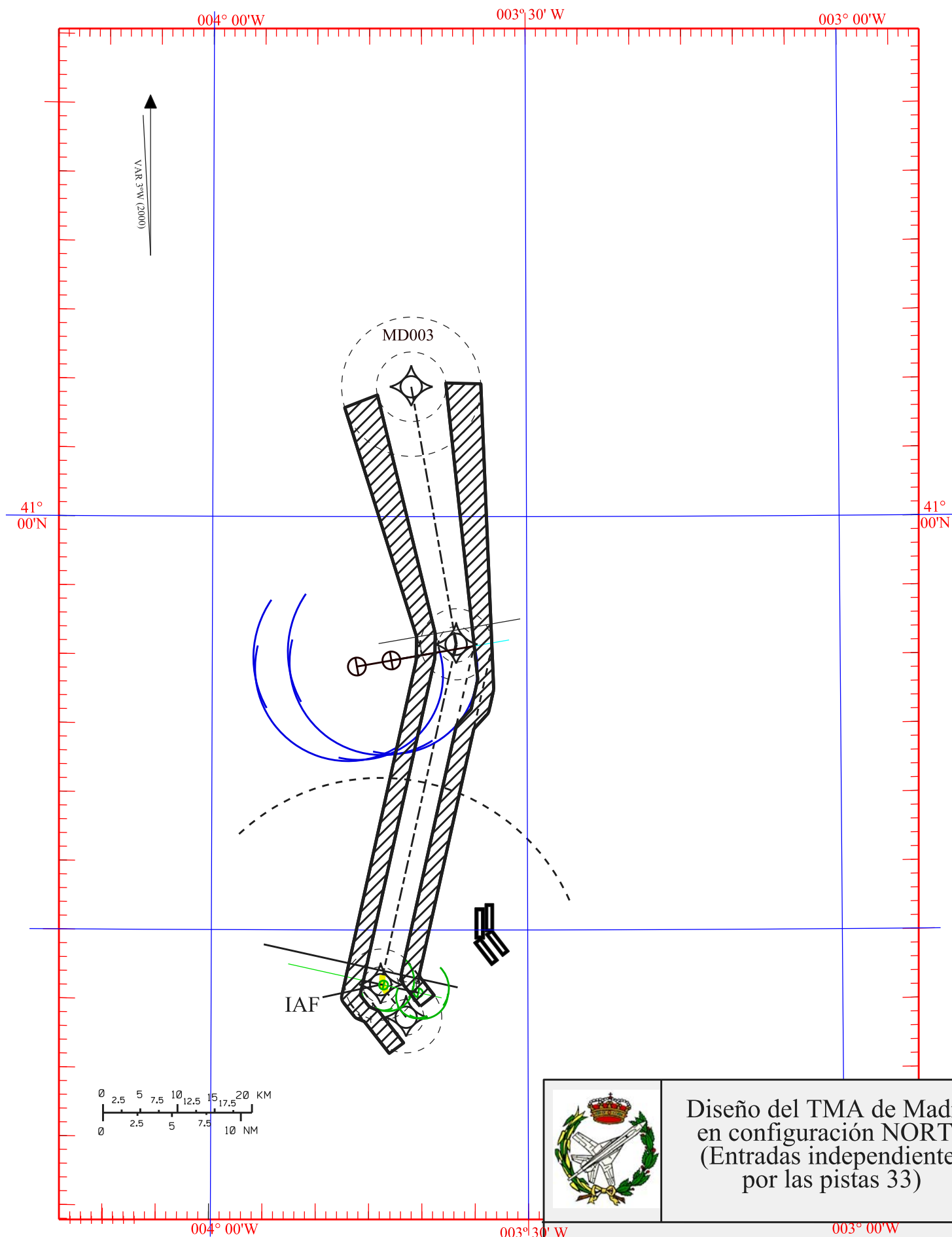
Protecciones rutas de entrada RWY 33L
RNAV_(DME/DME)

Fecha: 14 - Junio - 2006

Escala gráfica

Fichero: C:\PFC\TRABAJO\Proteccion entradas
33L\Proteccion entradas2 1.dwg

Página: 2/16



Diseño del TMA de Madrid en configuración NORTE (Entradas independientes por las pistas 33)

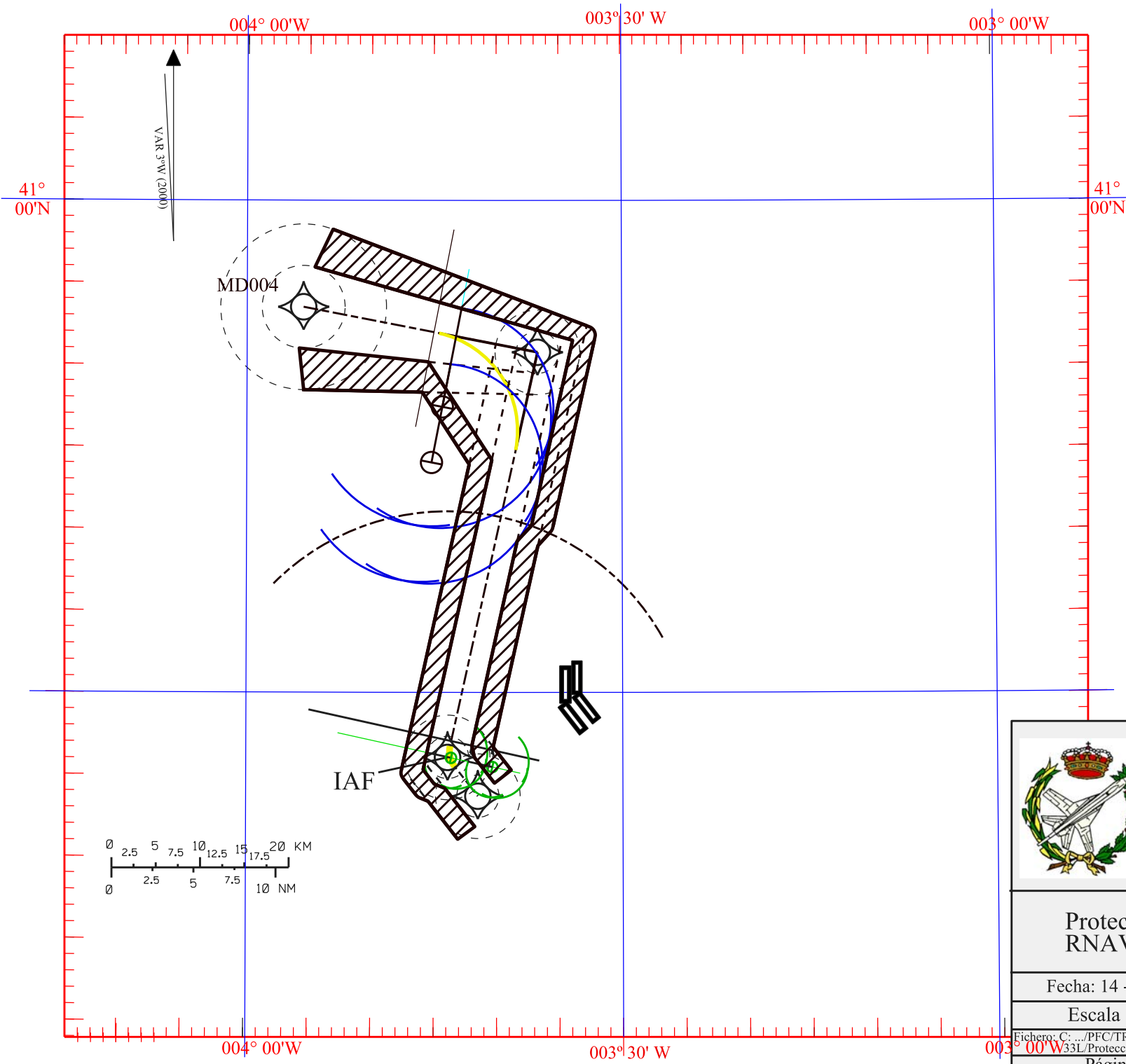
Protecciones rutas de entrada RWY 33L
RNAV_(DME/DME)

Fecha: 14 - Junio - 2006

Escala gráfica

Fichero: C: \... \PFC \TRABAJO \Proteccion entradas
33L \Proteccion entradas3 1.dng

Página: 3/16



Diseño del TMA de Madrid en configuración NORTE (Entradas independientes por las pistas 33)

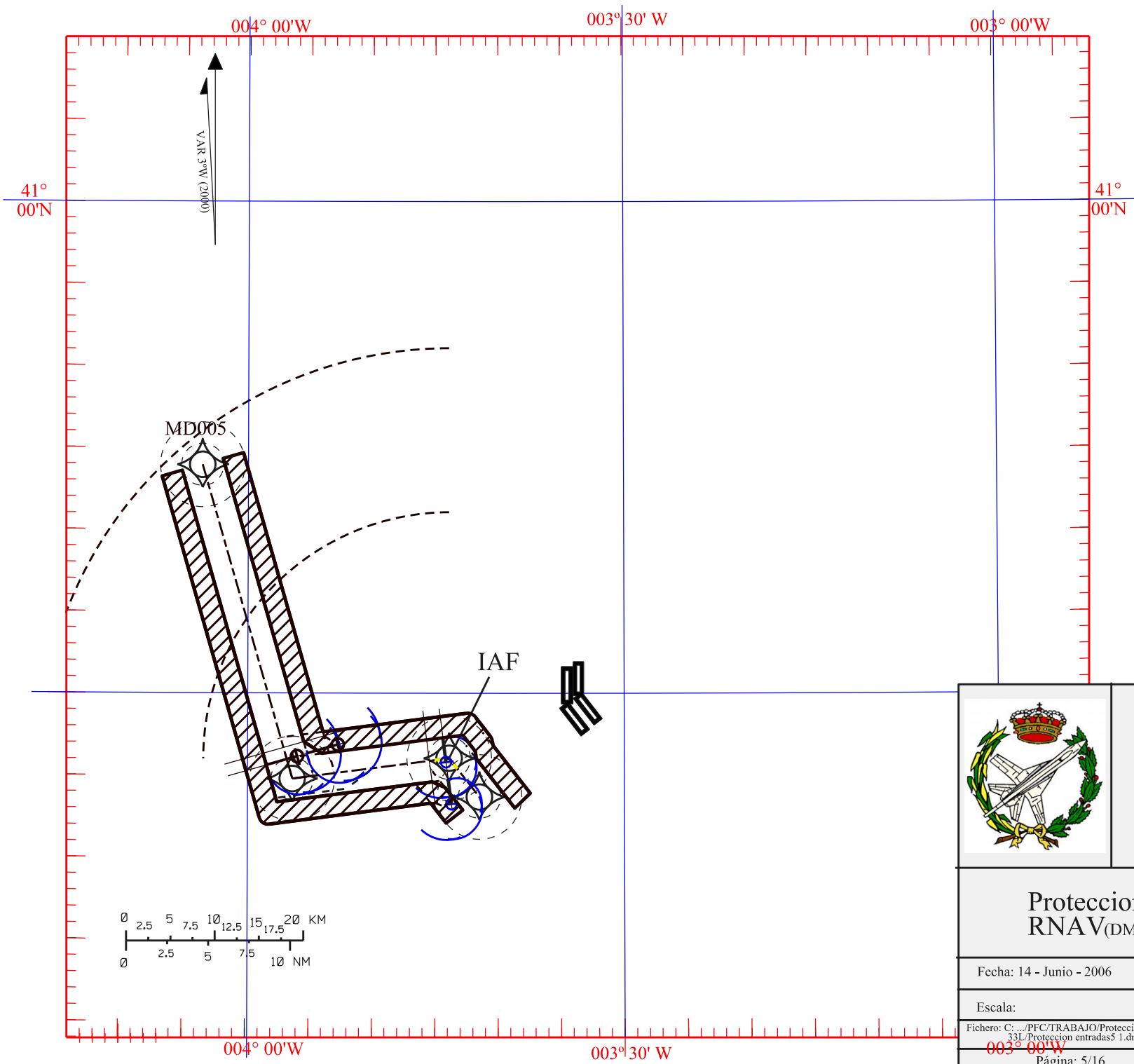
Protecciones rutas de entrada RWY 33L
RNAV_(DME/DME)

Fecha: 14 - Junio - 2006

Escala gráfica

Fichero: C:\...\PFC/TRABAJO/Proteccion entradas
33L/Proteccion entradas4 1.dng

Página: 4/16



Diseño del TMA de Madrid
en configuración NORTE
(Entradas independientes
por las pistas 33)

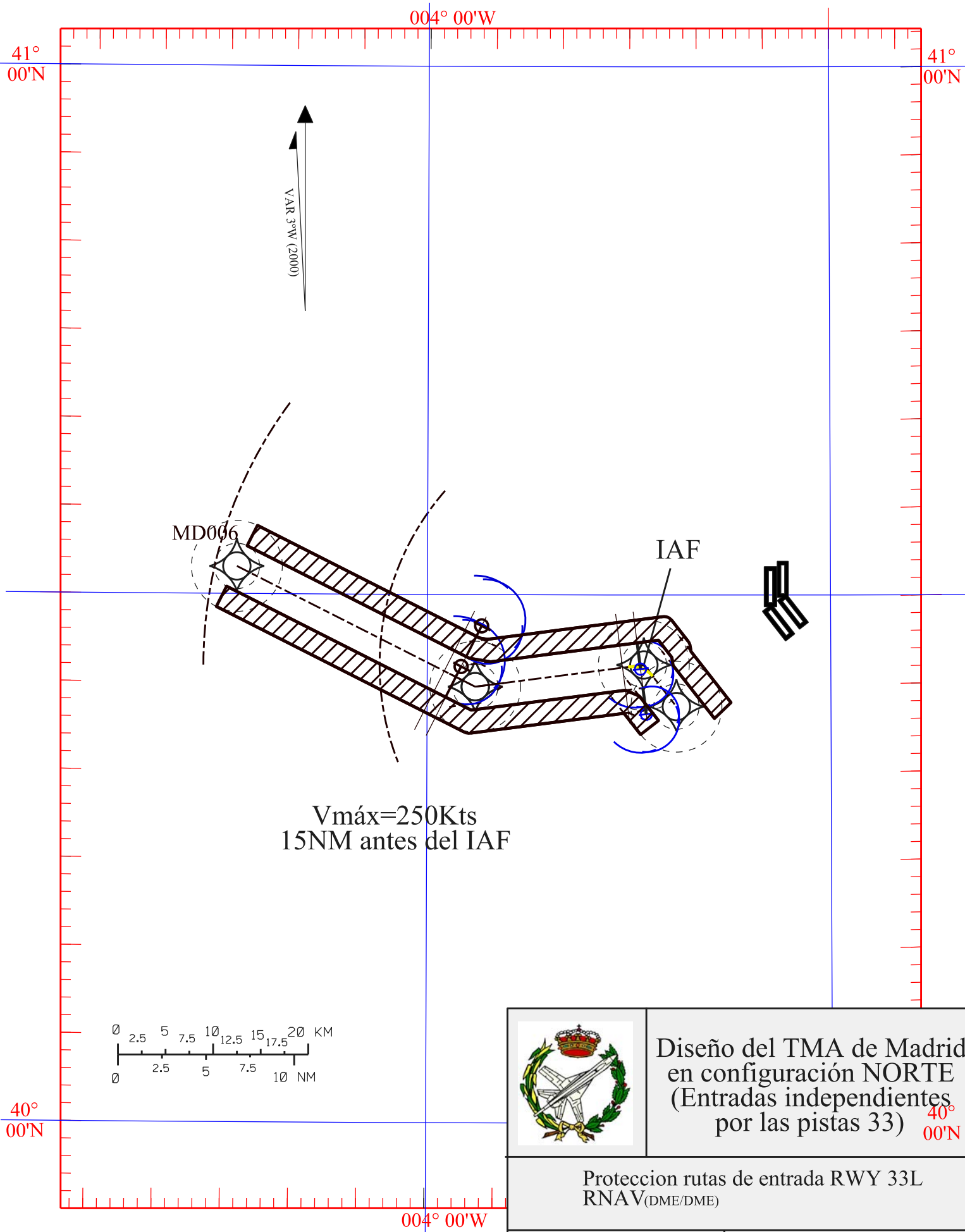
Protecciones rutas de entrada RWY 33L
RNAV_(DME/DME)

Fecha: 14 - Junio - 2006

Escala:

Fichero: C: \... \PFC \TRABAJO \Proteccion entradas/
33L \Proteccion entradas5 1.dwg

003° 00' W
Página: 5/16



**Diseño del TMA de Madrid
en configuración NORTE
(Entradas independientes
por las pistas 33)**

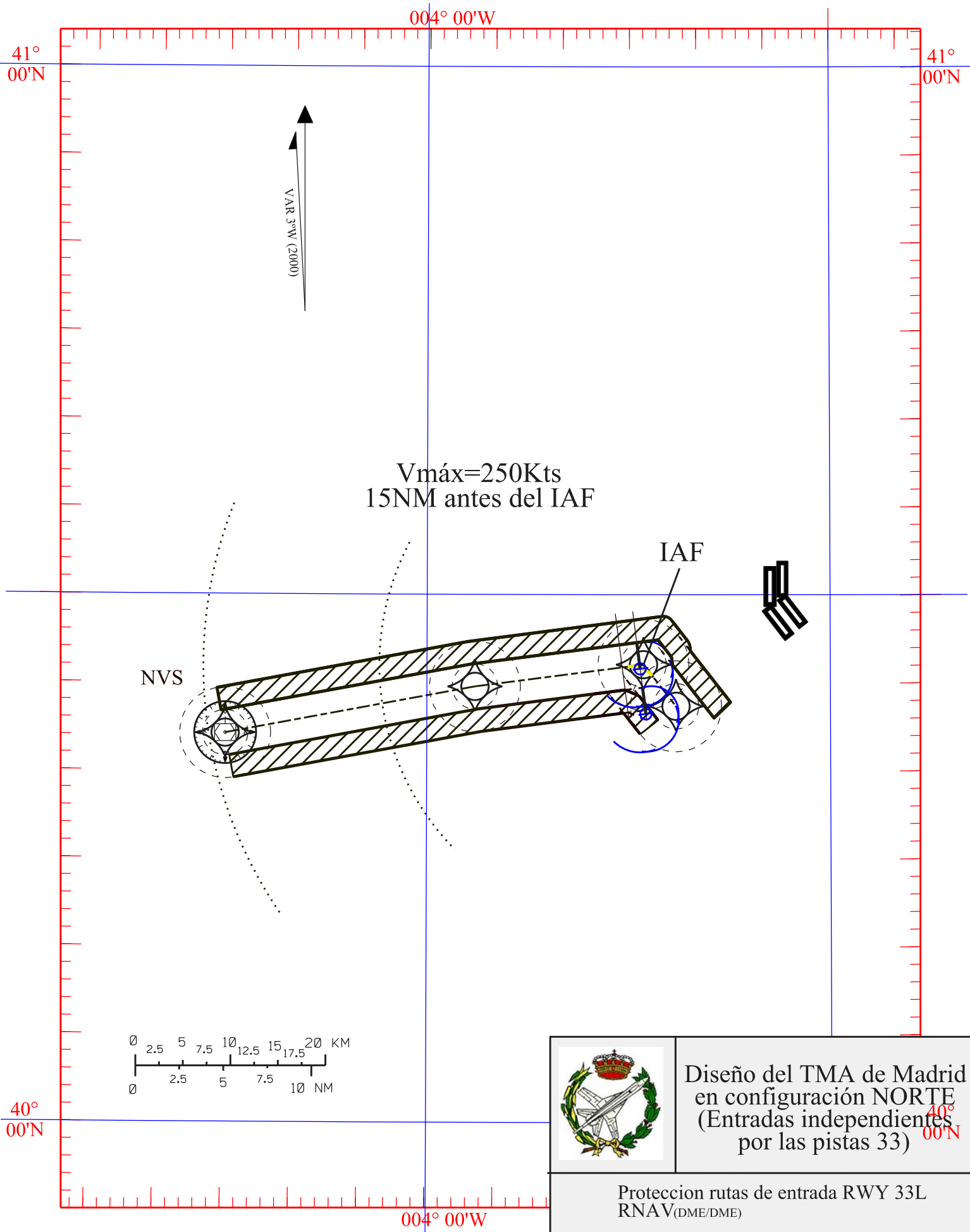
**Proteccion rutas de entrada RWY 33L
RNAV_(DME/DME)**

Fecha: 14 - Junio - 2006

Escala gráfica

Fichero: C:\.../PFC/TRABAJO/Proteccion entradas
33L/Proteccion entradas6 1.dwg

Página: 6/16



Diseño del TMA de Madrid
en configuración NORTE
(Entradas independientes
por las pistas 33)

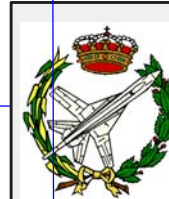
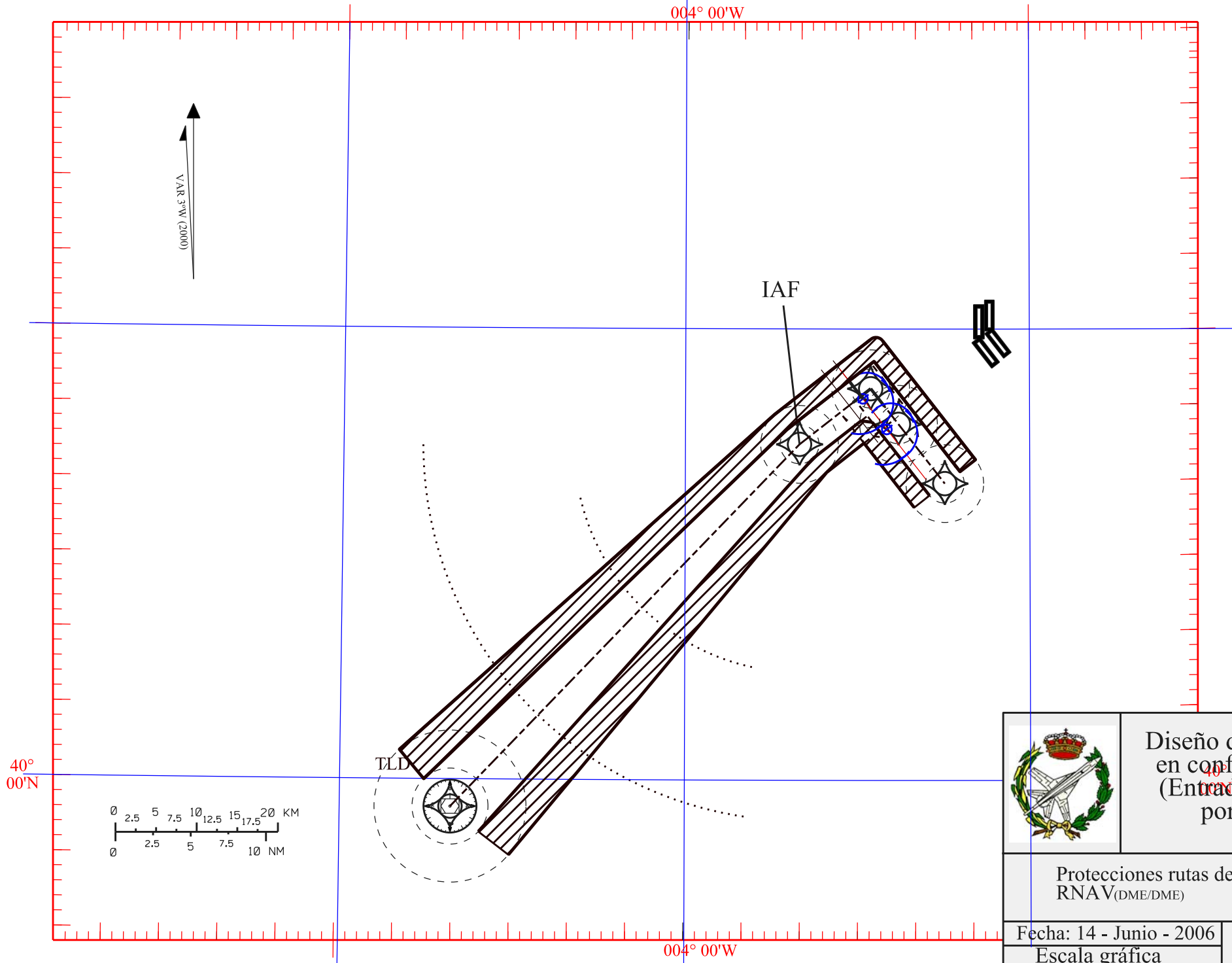
Proteccion rutas de entrada RWY 33L
RNAV_(DME/DME)

Fecha: 14 - Junio - 2006

Escala gráfica

Fichero: C:\...\PFC\TRABAJO\Proteccion entradas
33L\Proteccion entradas7 1.dwg

Página: 7/16



Diseño del TMA de Madrid
en configuración NORTE
(Entradas independientes
por las pistas 33)

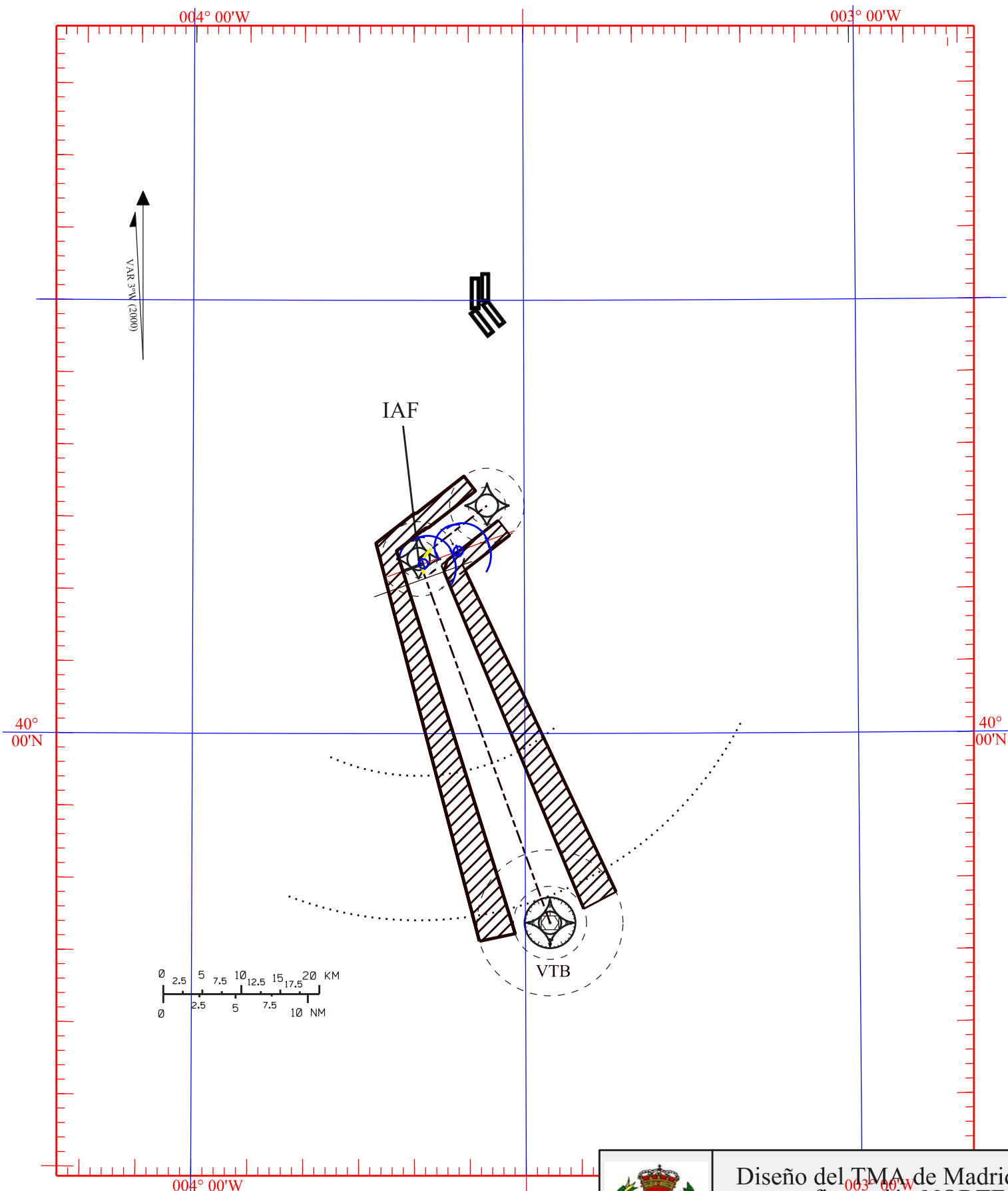
Protecciones rutas de entrada RWY 33L
RNAV_(DME/DME)

Fecha: 14 - Junio - 2006

Escala gráfica

Fichero: C:\...\PFC/TRABAJO/Proteccion entradas/
33L/Proteccion entradas8 1.dwg

Página: 8/16



Diseño del TMA de Madrid
en configuración NORTE
(Entradas independientes
por las pistas 33)

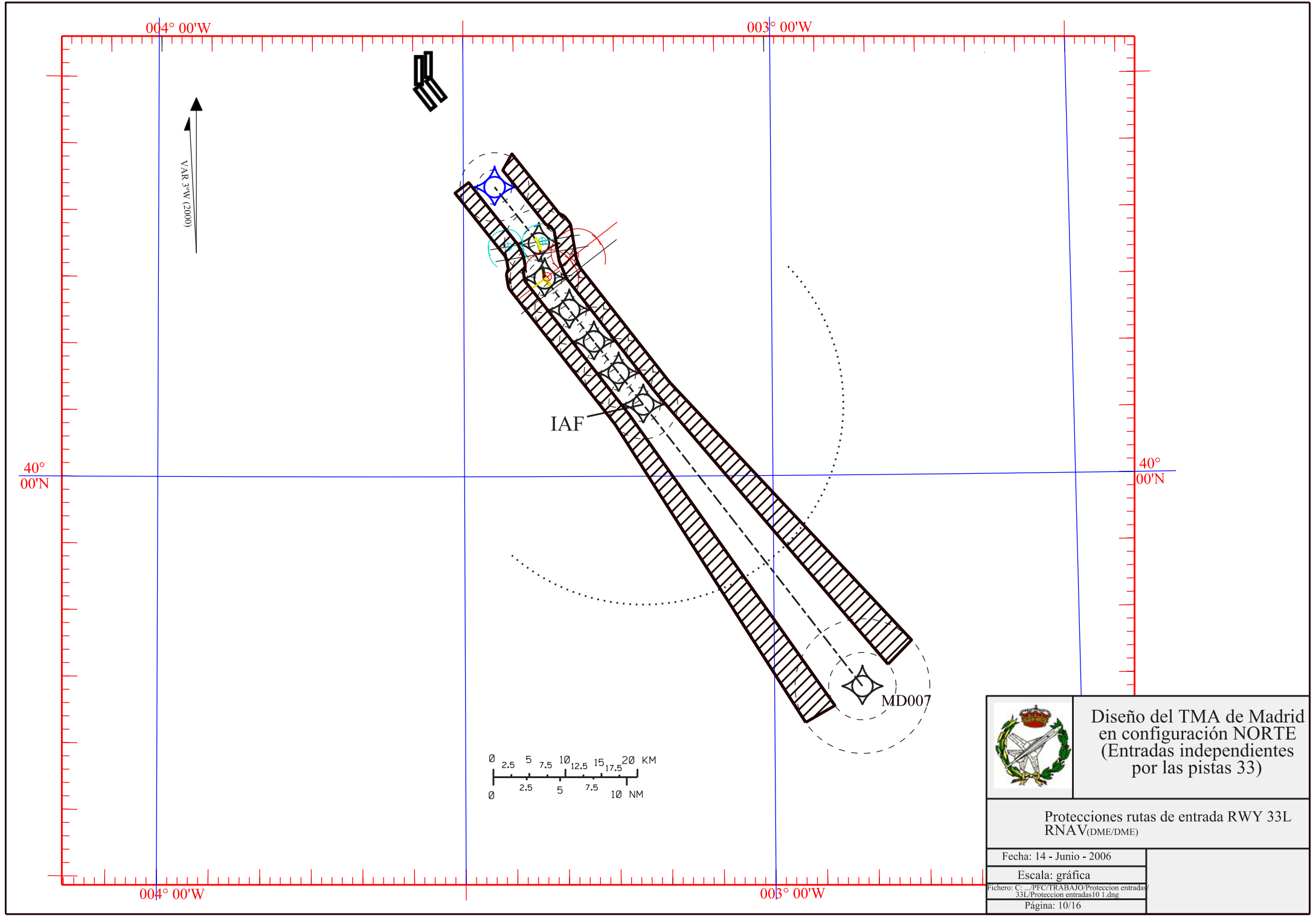
Protecciones rutas de entrada RWY 33L
RNAV_(DME/DME)

Fecha: 14 - Junio - 2006

Escala:

Fichero: C:\...\PFC\TRABAJO\Proteccion entradas
33L\Proteccion entradas9 1.dwg

Página: 9/16



Diseño del TMA de Madrid
en configuración NORTE
(Entradas independientes
por las pistas 33)

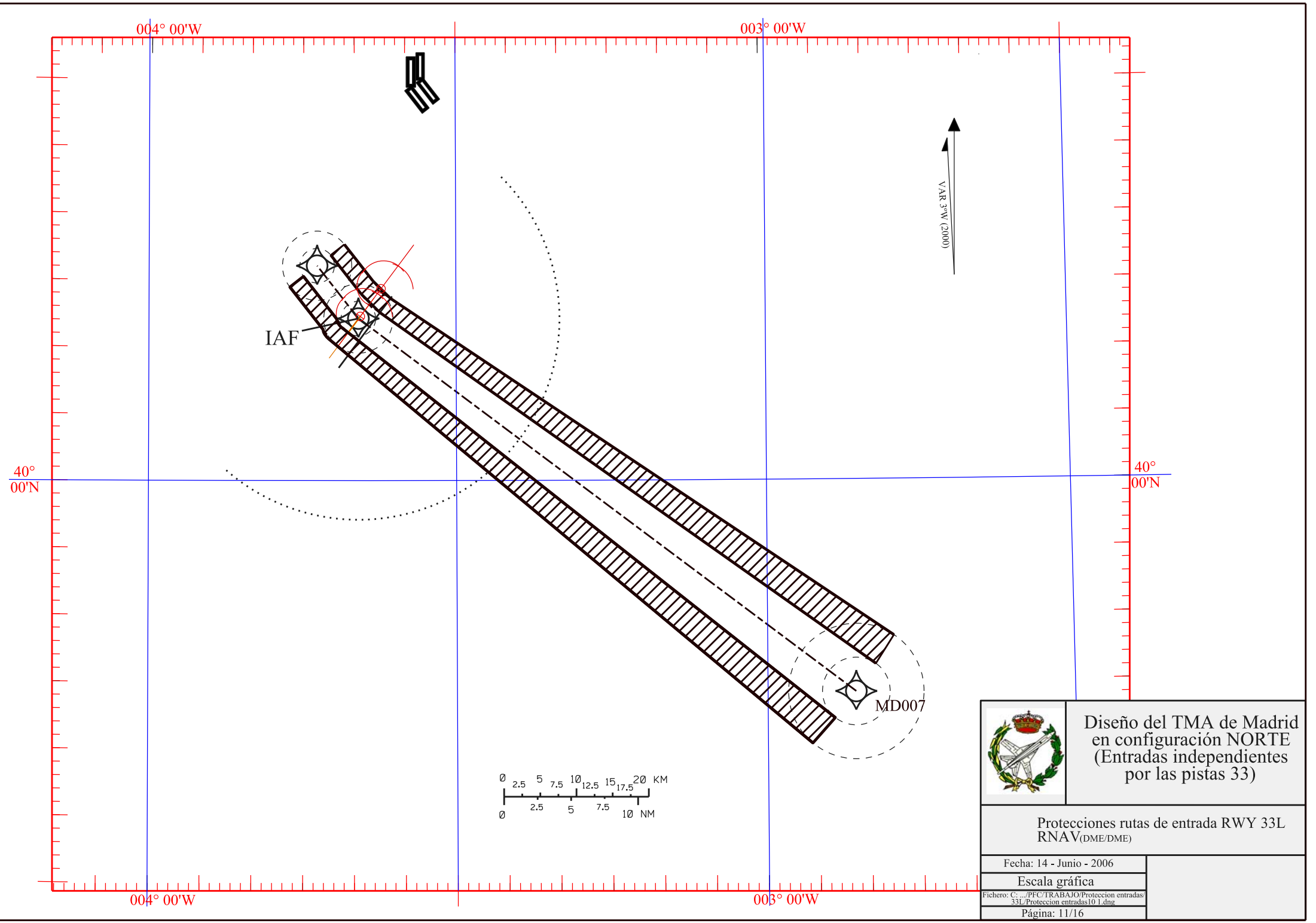
Protecciones rutas de entrada RWY 33L
RNAV_(DME/DME)

Fecha: 14 - Junio - 2006

Escala: gráfica

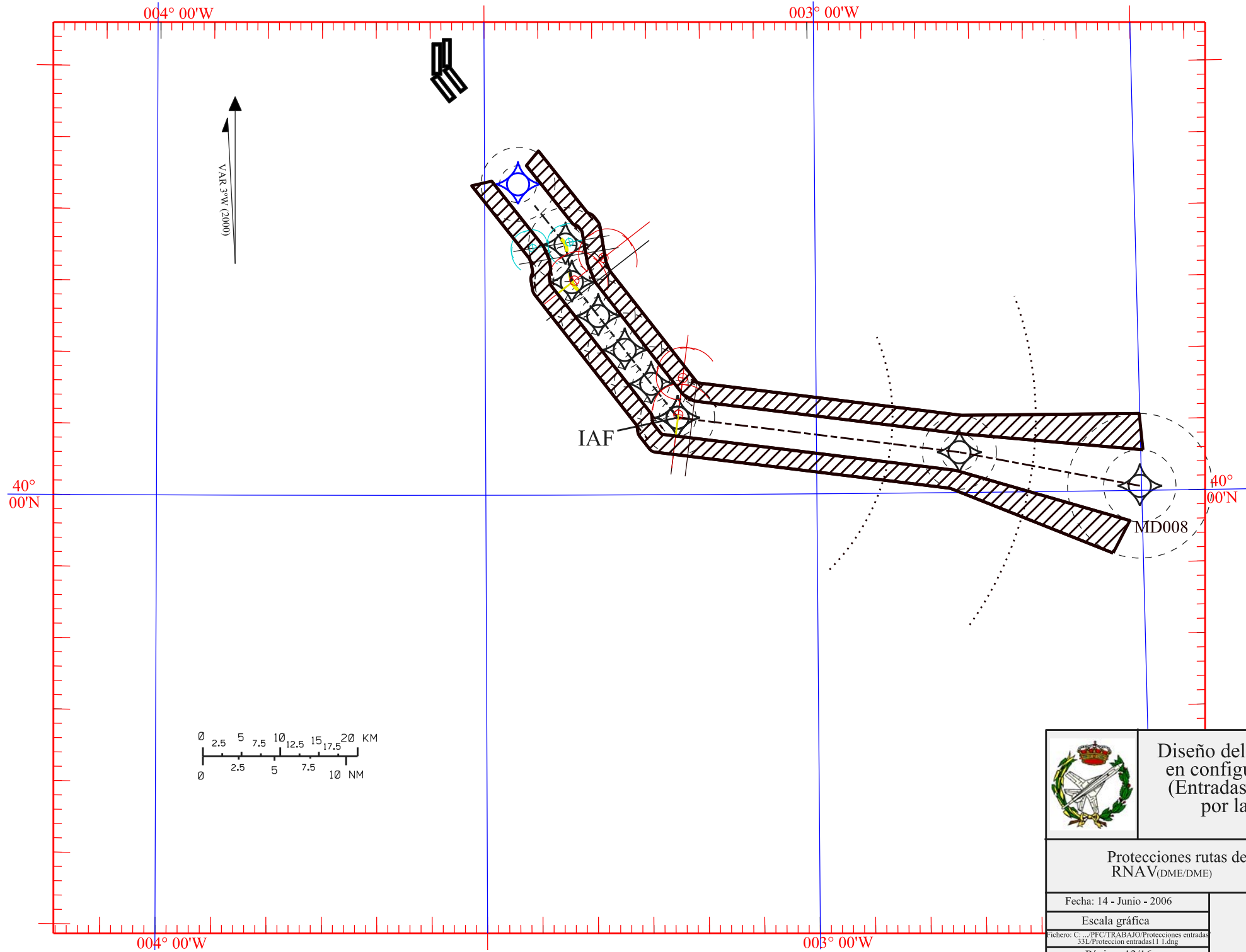
Fichero: C:\...PFC\TRABAJO\Proteccion entrada
33L\Proteccion entradas10 1.dwg

Página: 10/16



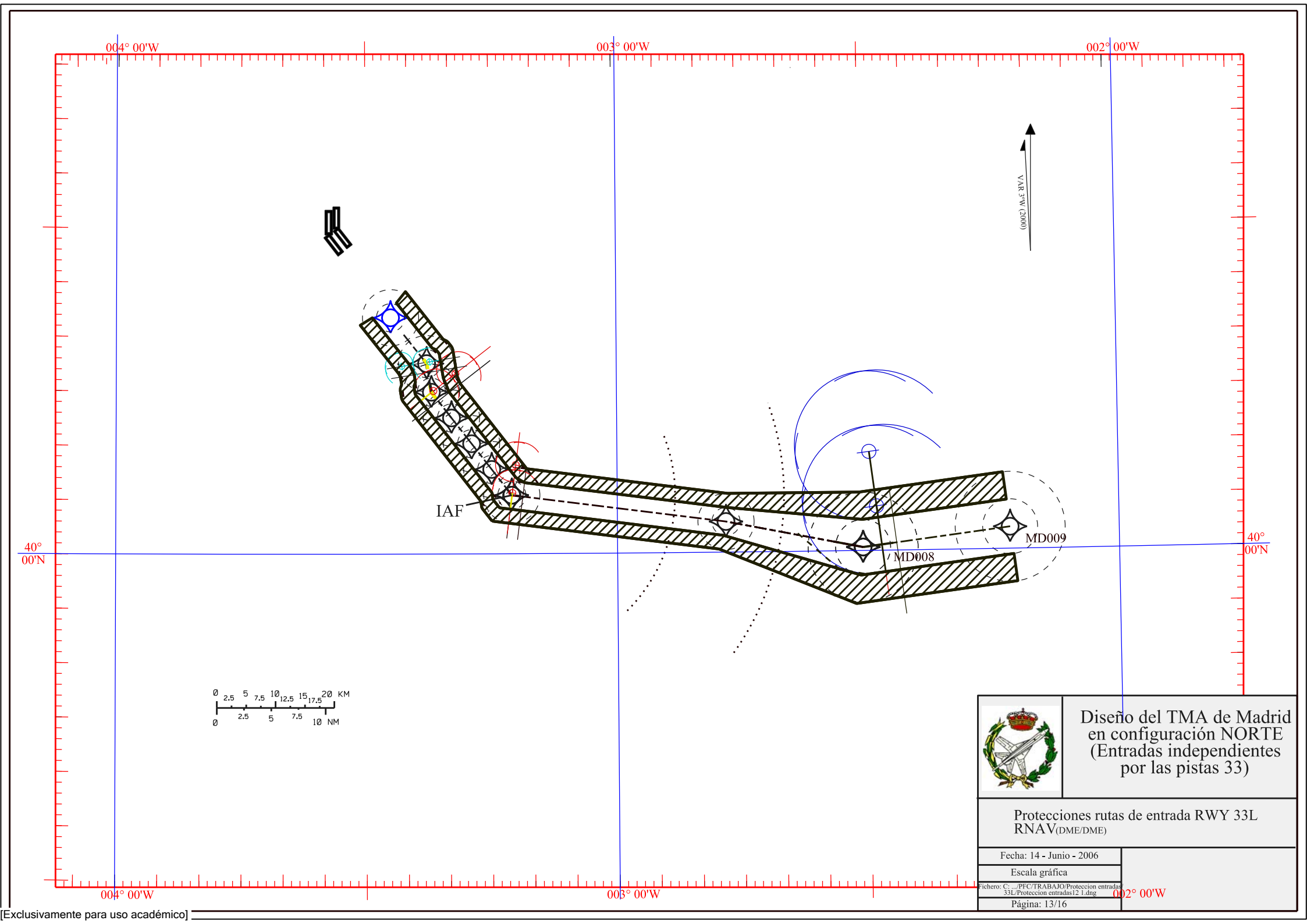
Diseño del TMA de Madrid
en configuración NORTE
(Entradas independientes
por las pistas 33)

Protecciones rutas de entrada RWY 33L RNAV _(DME/DME)	
Fecha: 14 - Junio - 2006	
Escala gráfica	
Fichero: C:\PFC\TRABAJO\Proteccion entradas 33L\Proteccion entradas101.dwg	
Página: 11/16	



Diseño del TMA de Madrid
en configuración NORTE
(Entradas independientes
por las pistas 33)

Protecciones rutas de entrada RWY 33L RNAV _(DME/DME)	
Fecha: 14 - Junio - 2006	
Escala gráfica	
Fichero: C:\PFC\TRABAJO\Protecciones entradas 33L\Proteccion entradas11.1.dwg	
Página: 12/16	



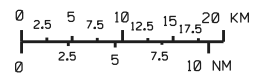
004° 00'W

003° 00'W

002° 00'W

40°
00'N

40°
00'N



Diseño del TMA de Madrid en configuración NORTE (Entradas independientes por las pistas 33)

Protecciones rutas de entrada RWY 33L
RNAV_(DME/DME)

Fecha: 14 - Junio - 2006

Escala gráfica

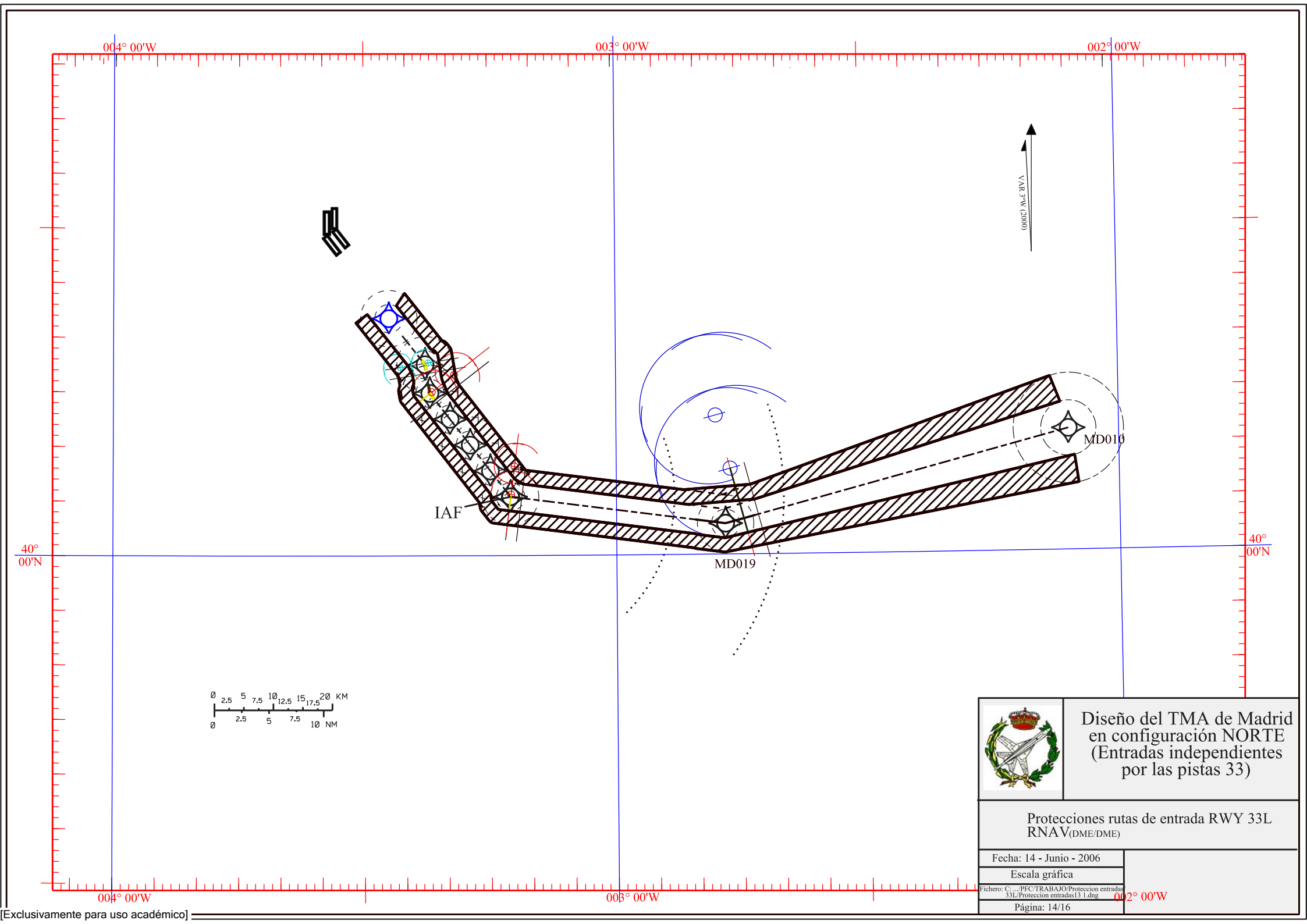
Fichero: C:\PFC\TRABAJO\Proteccion entradas
33L\Proteccion entradas12 1.dwg

Página: 13/16

002° 00'W

004° 00'W

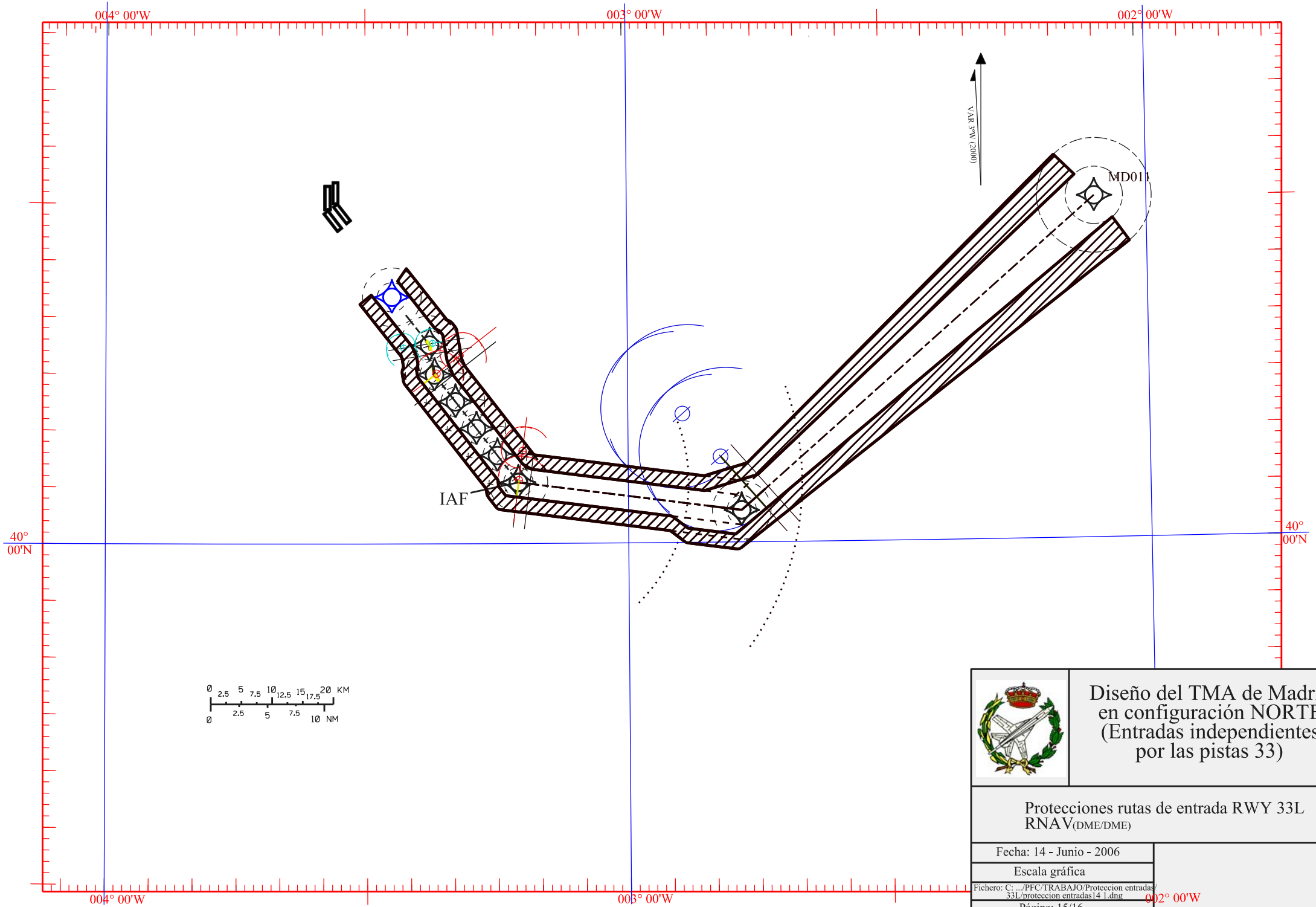
003° 00'W



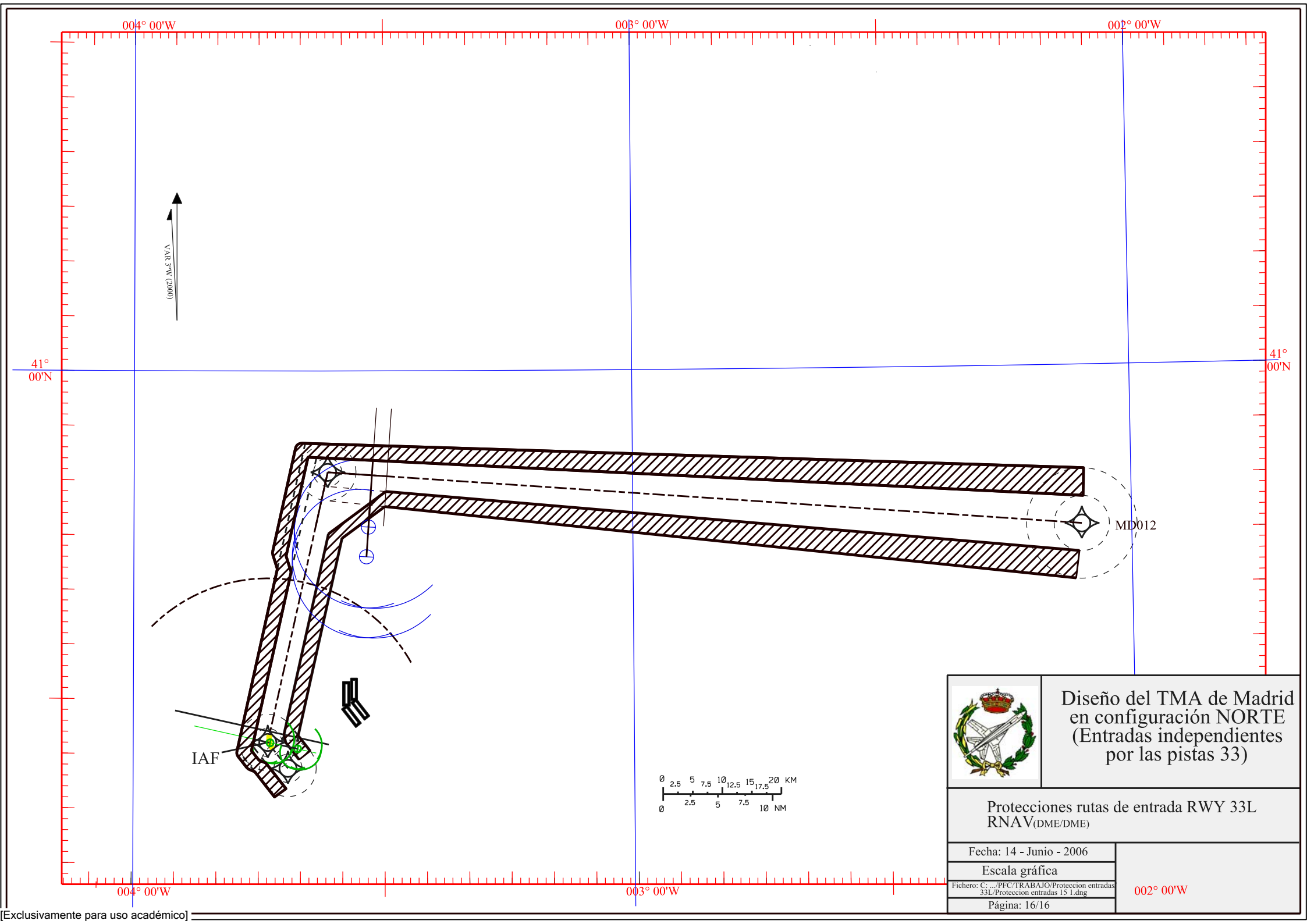
Diseño del TMA de Madrid en configuración NORTE (Entradas independientes por las pistas 33)

Protecciones rutas de entrada RWY 33L
RNAV_(DME/DME)

Fecha: 14 - Junio - 2006	Página: 14/16
Escala gráfica	
Fichero: C:\...P\C\TRABAJO\Proteccion entradas 33L\Proteccion entradas13 1.dwg	



	Diseño del TMA de Madrid en configuración NORTE (Entradas independientes por las pistas 33)
Protecciones rutas de entrada RWY 33L RNAV(DME/DME)	
Fecha: 14 - Junio - 2006	
Escala gráfica	
Fichero: C:\...PFC\TRABAJO\Proteccion entradas\33L\proteccion entradas14.1.dng Página: 15/16	



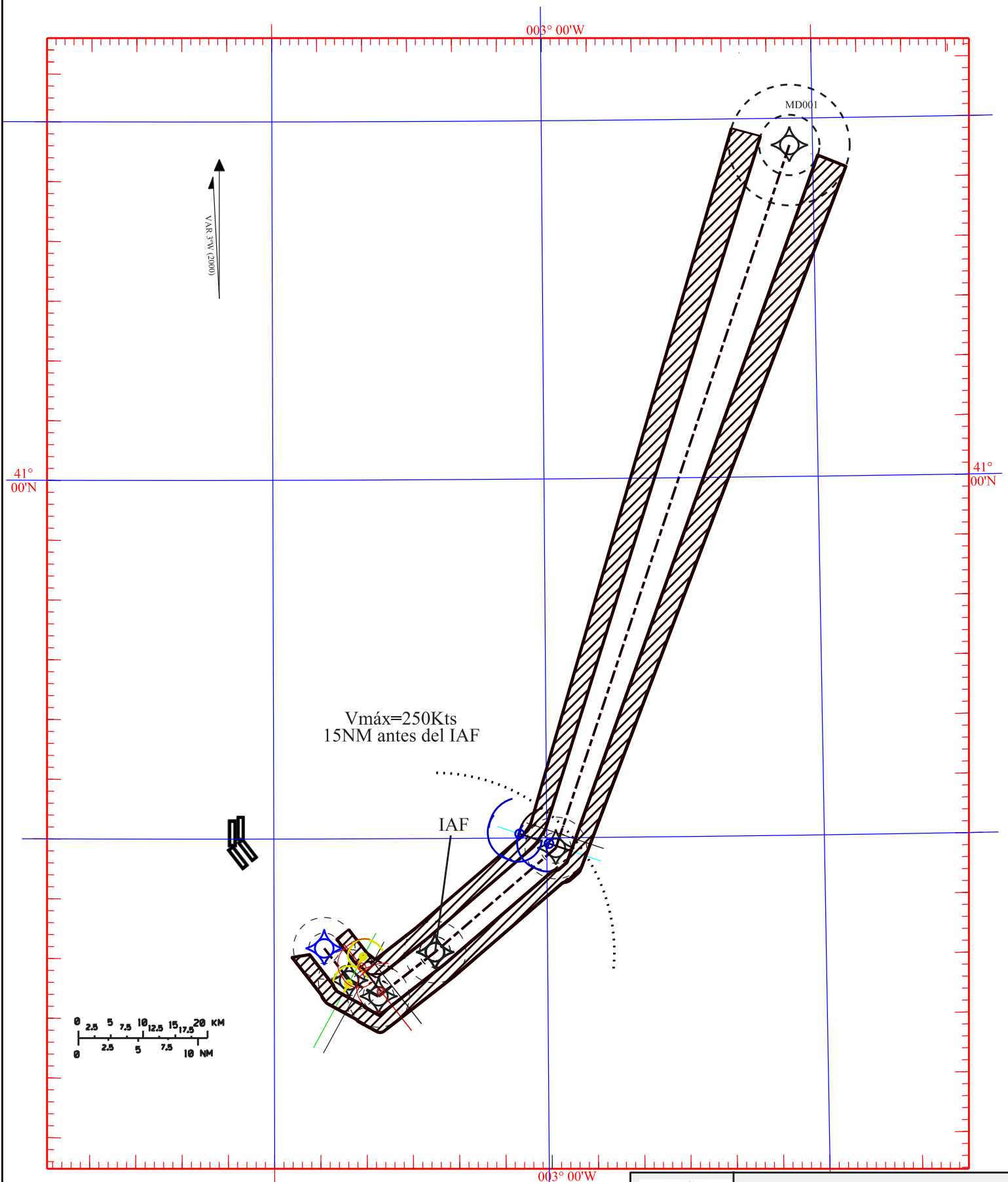
Diseño del TMA de Madrid
en configuración NORTE
(Entradas independientes
por las pistas 33)

Protecciones rutas de entrada RWY 33L RNAV _(DME/DME)	
Fecha: 14 - Junio - 2006	002° 00'W
Escala gráfica	
Fichero: C:\...PFC\TRABAJO\Proteccion entradas 33L\Proteccion entradas 15 1.dwg	
Página: 16/16	

Anexo 11-B

Protecciones rutas de entrada RWY 33R

8/17	MD017-MD018	80	250	25	3611.4	3055.8	592.64	1364.37
	MD018-MD026							
	MD018-MD026	45	220	25	2778	1296.4	592.64	1259.36
	MD026-MD027							
9/17	VTB-MD018	44	220	25	2778	1296.4	592.64	1259.36
	MD018-MD026							
	MD018-MD026	45	220	25	2778	1296.4	592.64	1259.36
	MD026-MD027							
10/17	MD007-MD026	8	220	25	2778	1296.4	592.64	1259.36
	MD026-MD027							
11/17	MD019-MD026	40	220	25	2778	1296.4	592.64	1259.36
	MD026-MD027							
	MD009-MD008	20	440	25	11297.2	5185.6	592.64	1944.6
12/17	MD008-MD019							
	MD019-MD026	40	220	25	2778	1296.4	592.64	1259.36
	MD026-MD027							
14/17	MD010-MD019	30	440	25	11297.2	5185.6	592.64	1944.6
	MD019-MD026							
	MD019-MD026	40	220	25	2778	1296.4	592.64	1259.36
13/17	MD026-MD027							
	MD010-MD013	65	250	25	3611.4	2315	592.64	1364.37
	MD013-MD021							
16/17	MD011-MD013	40	250	25	3611.4	1666.8	592.64	1364.37
	MD013-MD021							
15/17	MD011-MD019	60	440	25	11297.2	6482	592.64	1944.6
	MD019-MD026							
	MD019-MD026	40	220	25	2778	1296.4	592.64	1259.36
	MD026-MD027							
17/17	MD012-MD013	20	250	25	3611.4	1666.8	592.64	1364.37
	MD013-MD021							



Diseño del TMA de Madrid
en configuración NORTE
(Entradas independientes
por las pistas 33)

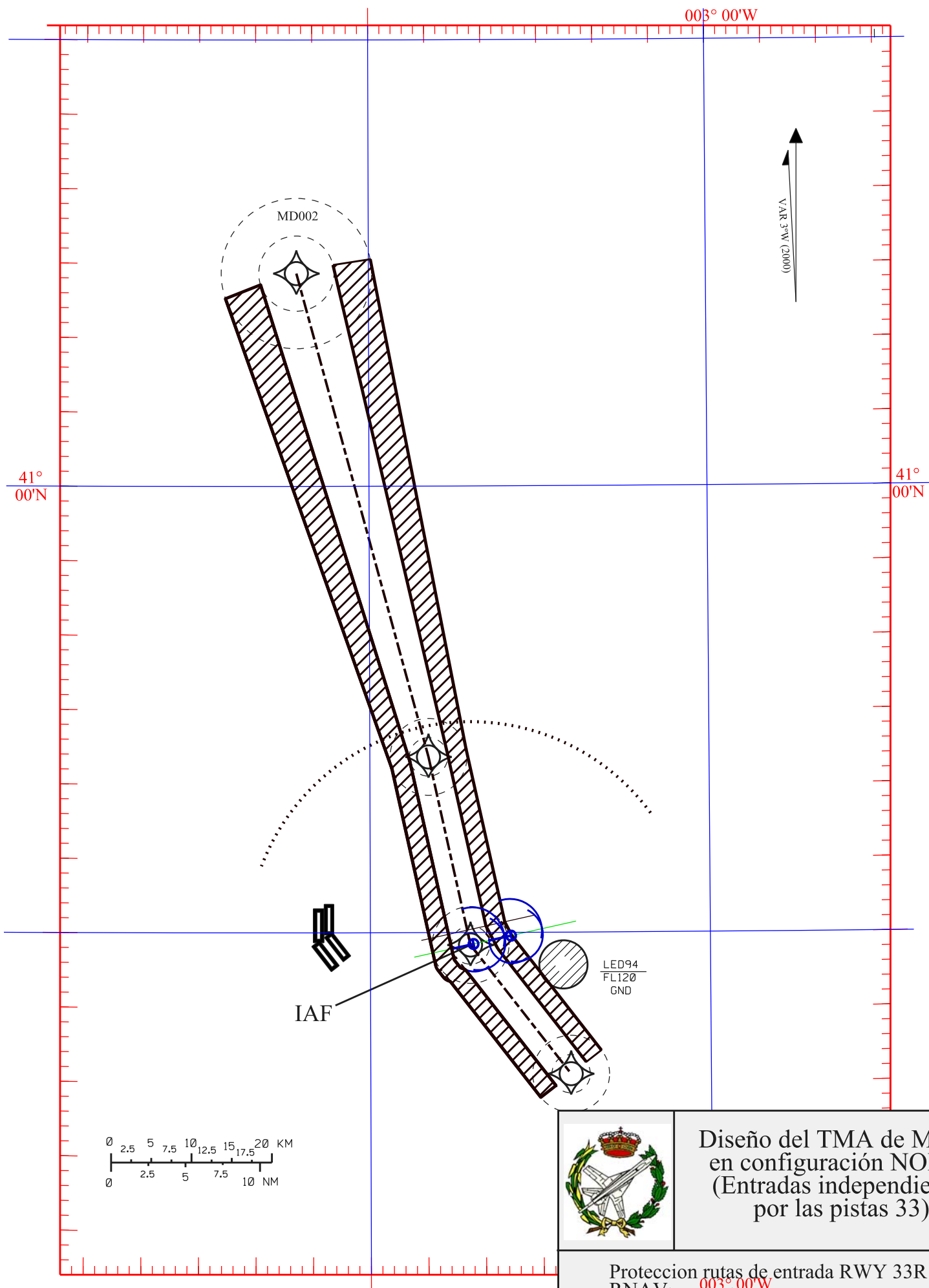
Protecciones rutas de entrada RWY 33R
RNAV_(DME/DME)

Fecha: 14 - Junio - 2006

Escala gráfica

Fichero: C:\...PFC\TRABAJO\Proteccion entradas
33R\Proteccion entradas1 2.dwg

Página: 1/17



**Diseño del TMA de Madrid
en configuración NORTE
(Entradas independientes
por las pistas 33)**

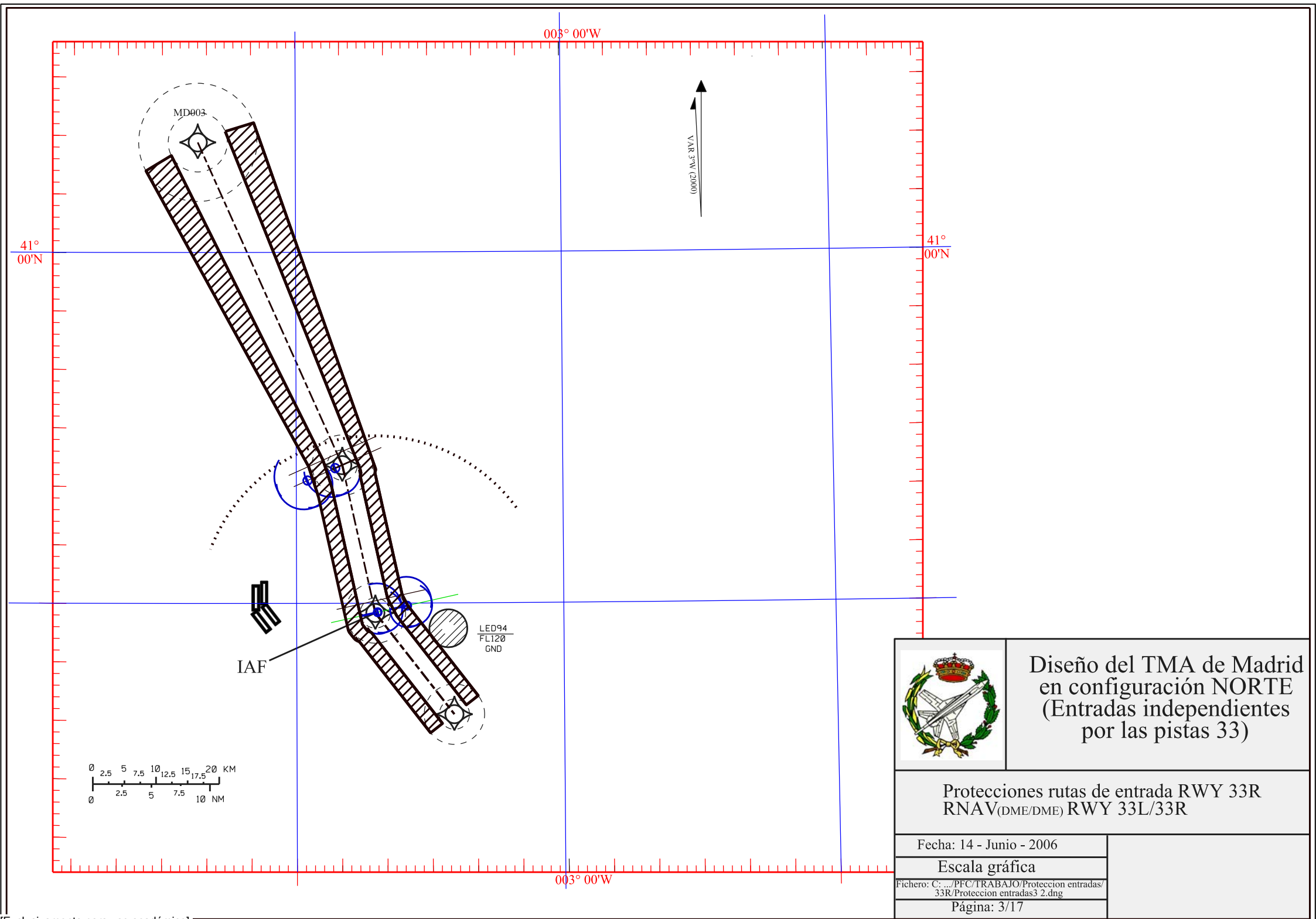
**Proteccion rutas de entrada RWY 33R
RNAV_(DME/DME)**

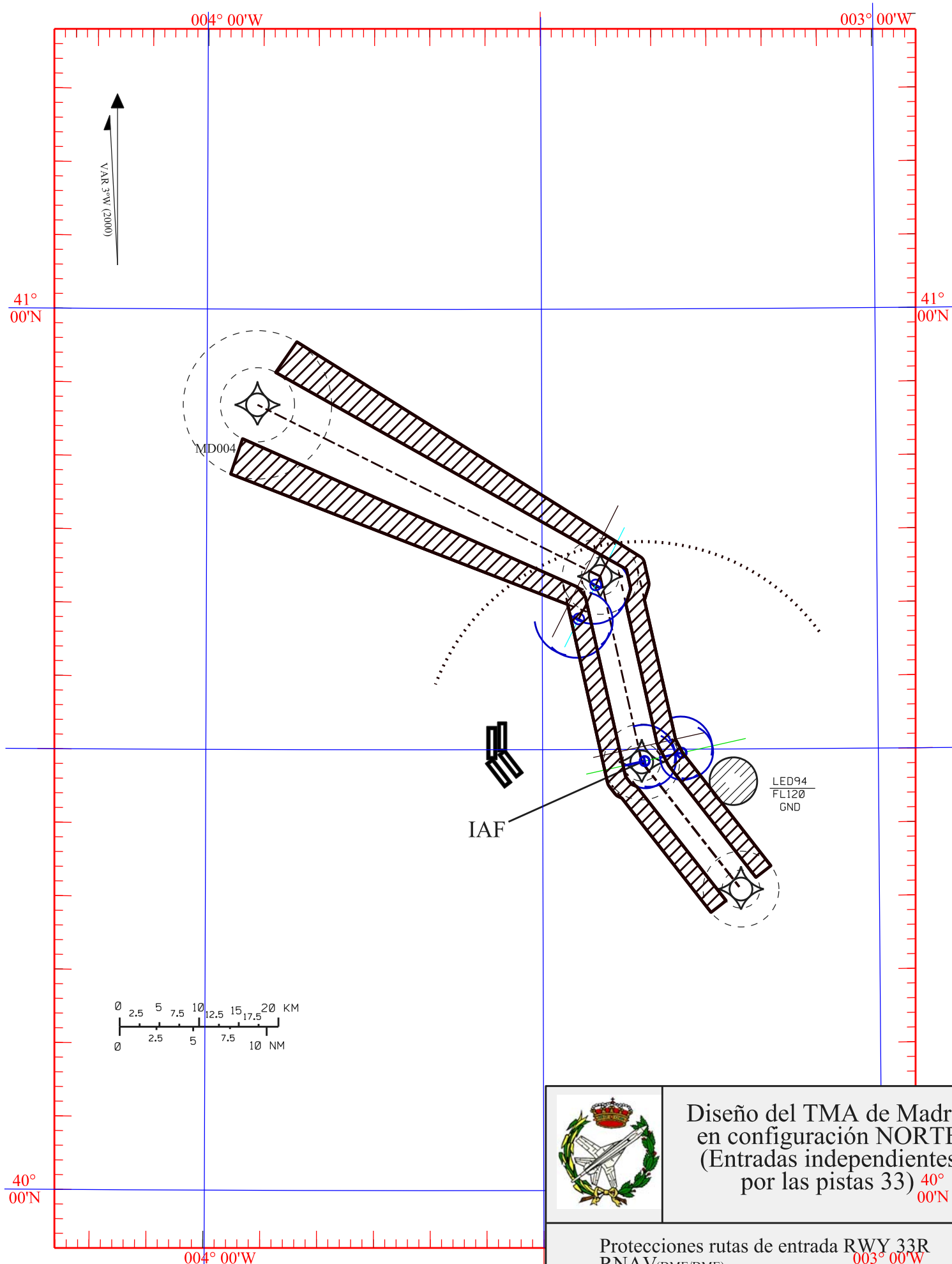
Fecha: 14 - Junio - 2006

Escala: gráfica

Fichero: C:\...PFC/TRABAJO/Proteccion entradas
33R/Proteccion entradas2 2.dwg

Página: 2/17





Diseño del TMA de Madrid
en configuración NORTE
(Entradas independientes
por las pistas 33)

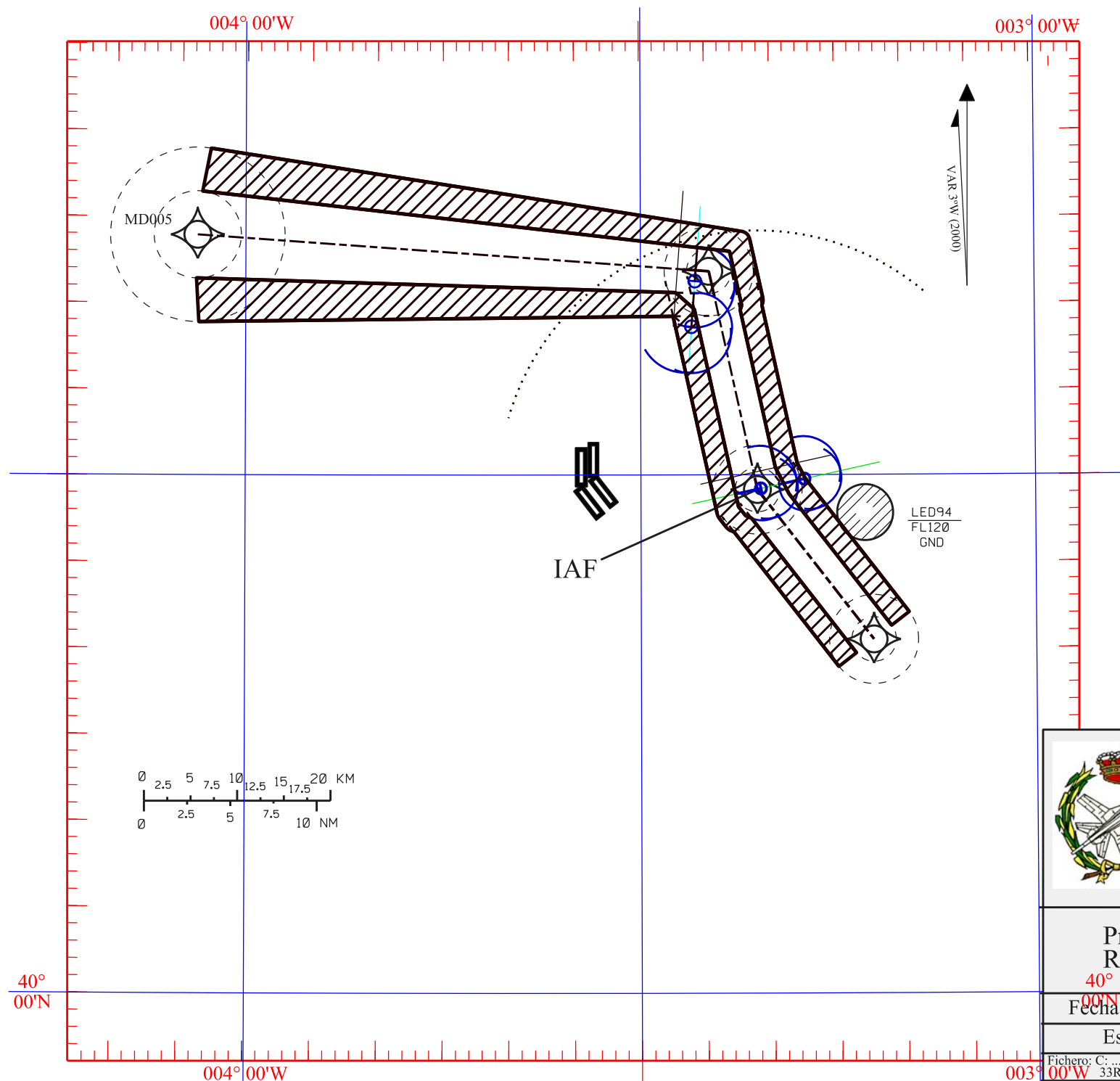
Protecciones rutas de entrada RWY 33R
RNAV(DME/DME)

Fecha: 14 - Junio - 2006

Escala gráfica

Fichero: C:\...PFC/TRABAJO/Proteccion entradas/
33R/Proteccion entradas4 2.dwg

Página: 4/17



Diseño del TMA de Madrid en configuración NORTE (Entradas independientes por las pistas 33)

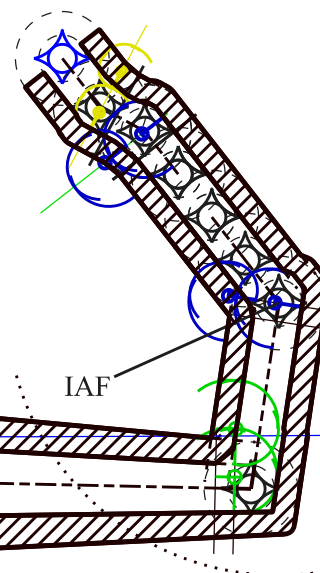
Protecciones rutas de entrada RWY 33R
RNAV_(DME/DME)

Fecha: 14 - Junio - 2006

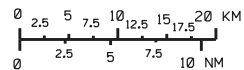
Escala gráfica

Fichero: C:\... \PFC\TRABAJO\Proteccion entradas\33R\Proteccion entradas5 2.dwg

Página: 5/17



IAF



Diseño del TMA de Madrid
en configuración NORTE
(Entradas independientes
por las pistas 33)

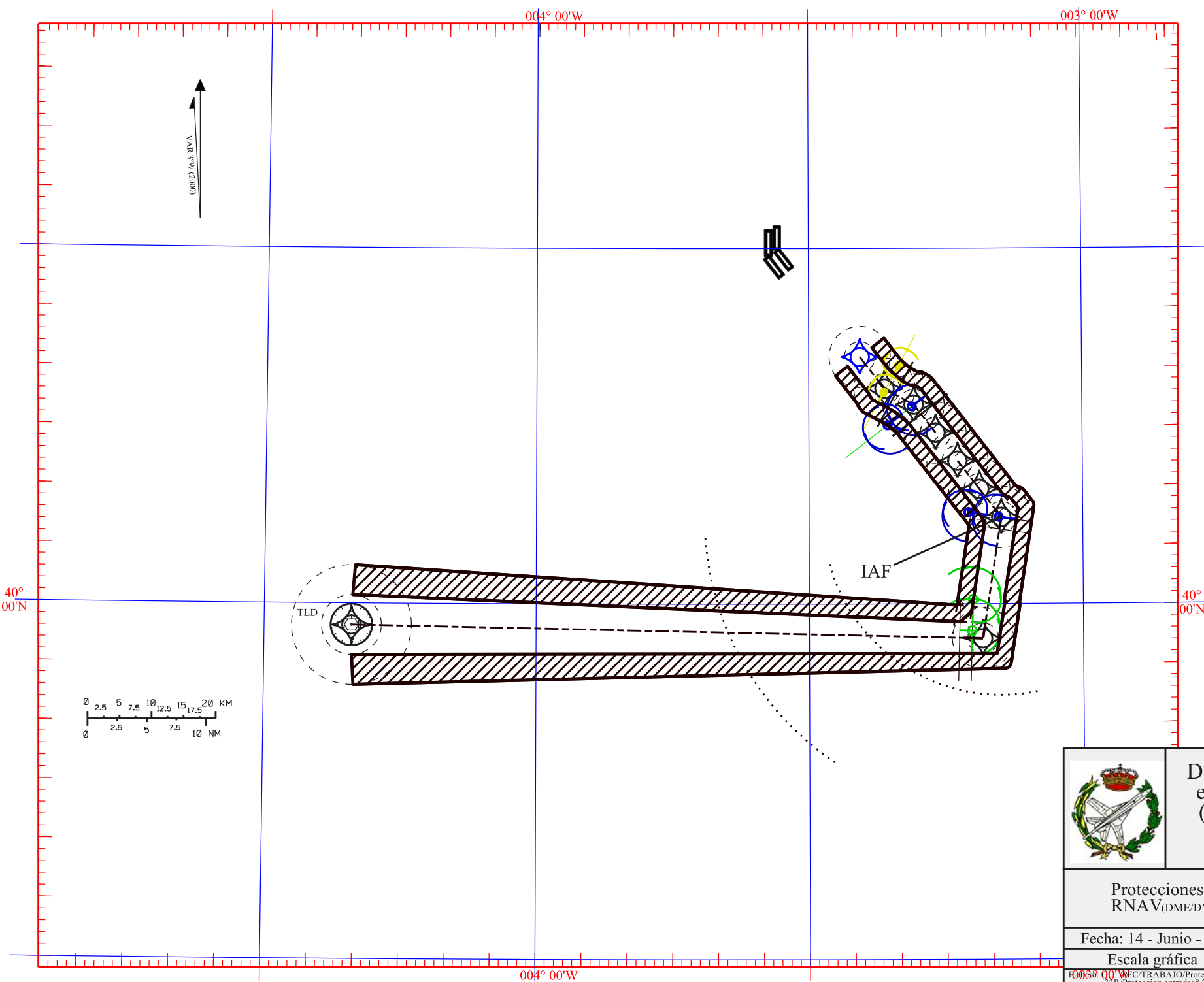
Protecciones rutas de entrada RWY 33R
RNAV(DME/DME)

Fecha: 14 - Junio - 2006

Escala gráfica

Figura: 000-WC/TRABAJO/Proteccion entradas
33R/Proteccion entradas6 2.dwg

Página: 6/17



Diseño del TMA de Madrid en configuración NORTE (Entradas independientes por las pistas 33)

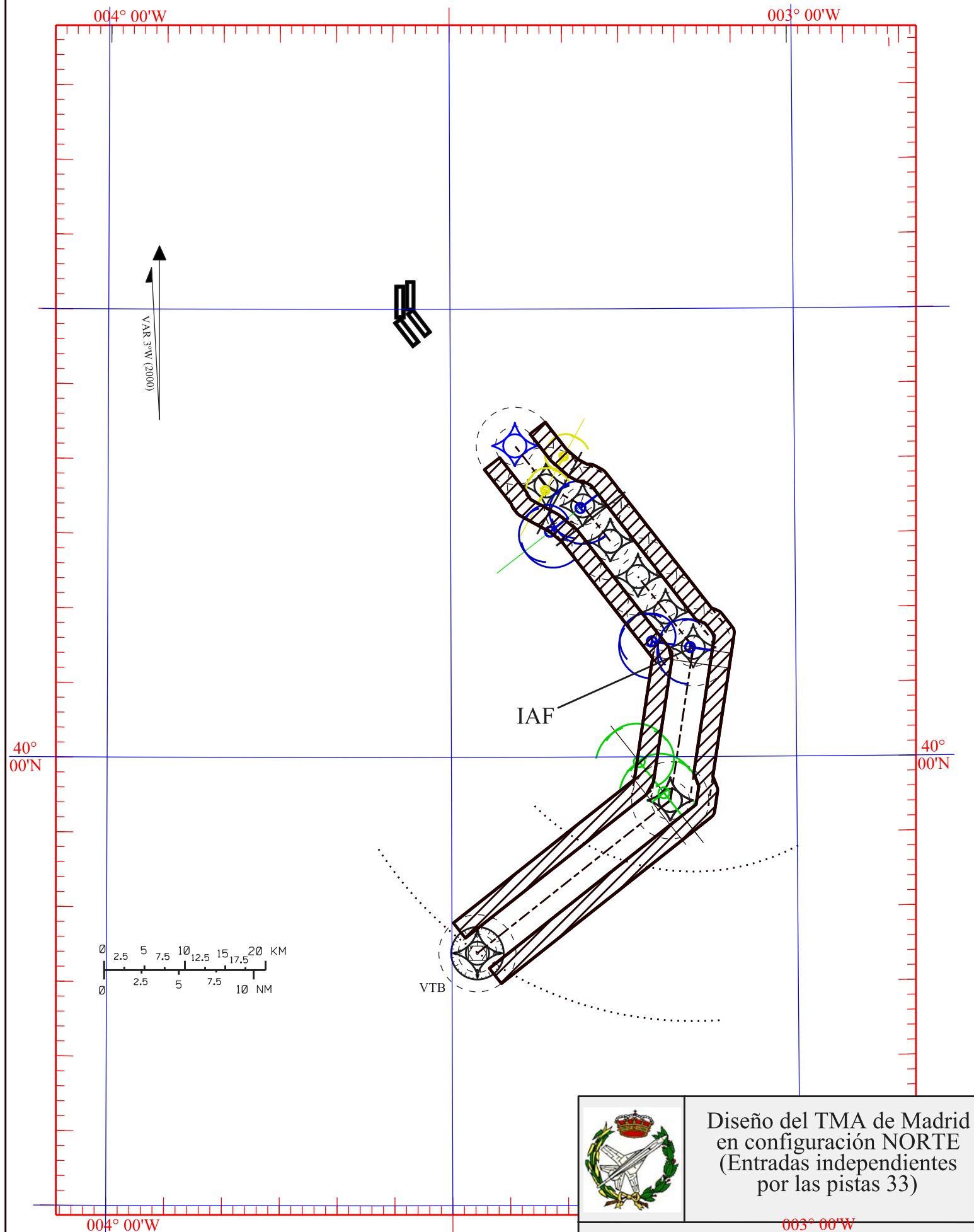
Protecciones rutas de entrada RWY 33R
RNAV_(DME/DME)

Fecha: 14 - Junio - 2006

Escala gráfica

003° 00' W / 004° 00' W
33R/Proteccion entradas8 2.dng

Página: 8/17



Diseño del TMA de Madrid
en configuración NORTE
(Entradas independientes
por las pistas 33)

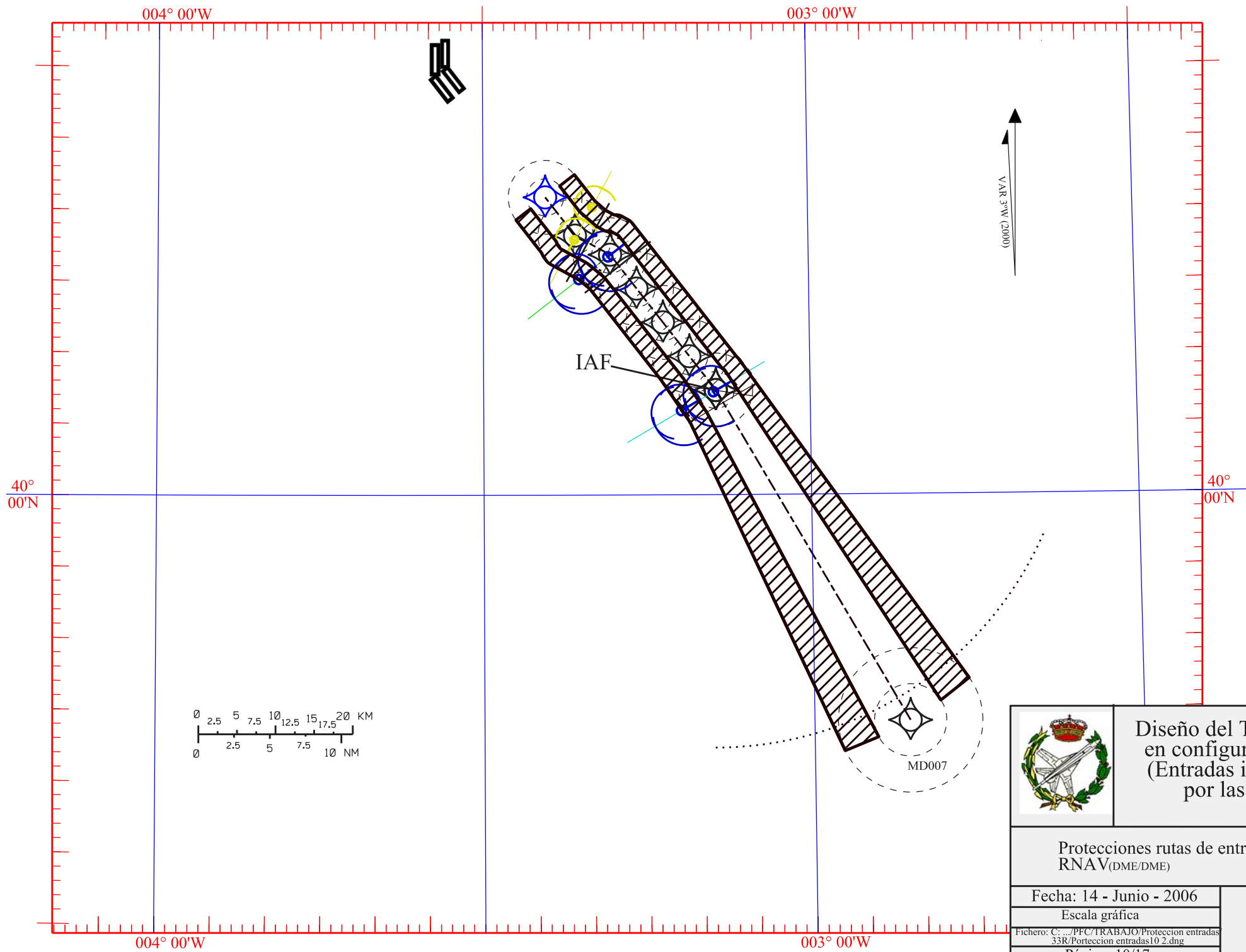
Protecciones rutas de entrada RWY 33R
RNAV_(DME/DME)

Fecha: 14 - Junio - 2006

Escala gráfica

Fichero: C:\...PEC\TRABAJO\Proteccion entradas
33R\Proteccion entradas9 2.dwg

Página: 9/17



Diseño del TMA de Madrid
en configuración NORTE
(Entradas independientes
por las pistas 33)

Protecciones rutas de entrada RWY 33R RNAV _(DME/DME)	
Fecha: 14 - Junio - 2006	
Escala gráfica	
Fichero: C:\...\PFC\TRABAJO\Proteccion entradas 33R\Porteccion entradas10 2.dng	
Página: 10/17	

003° 00'W



VAR 3°W (2000)

IAF

40°
00'N

40°
00'N



Diseño del TMA de Madrid
en configuración NORTE
(Entradas independientes
por las pistas 33)

Protecciones rutas de entrada RWY 33R
RNAV_(DME/DME)

Fecha: 14 - Junio - 2006

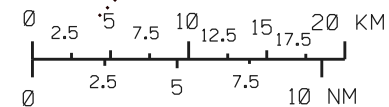
Escala gráfica

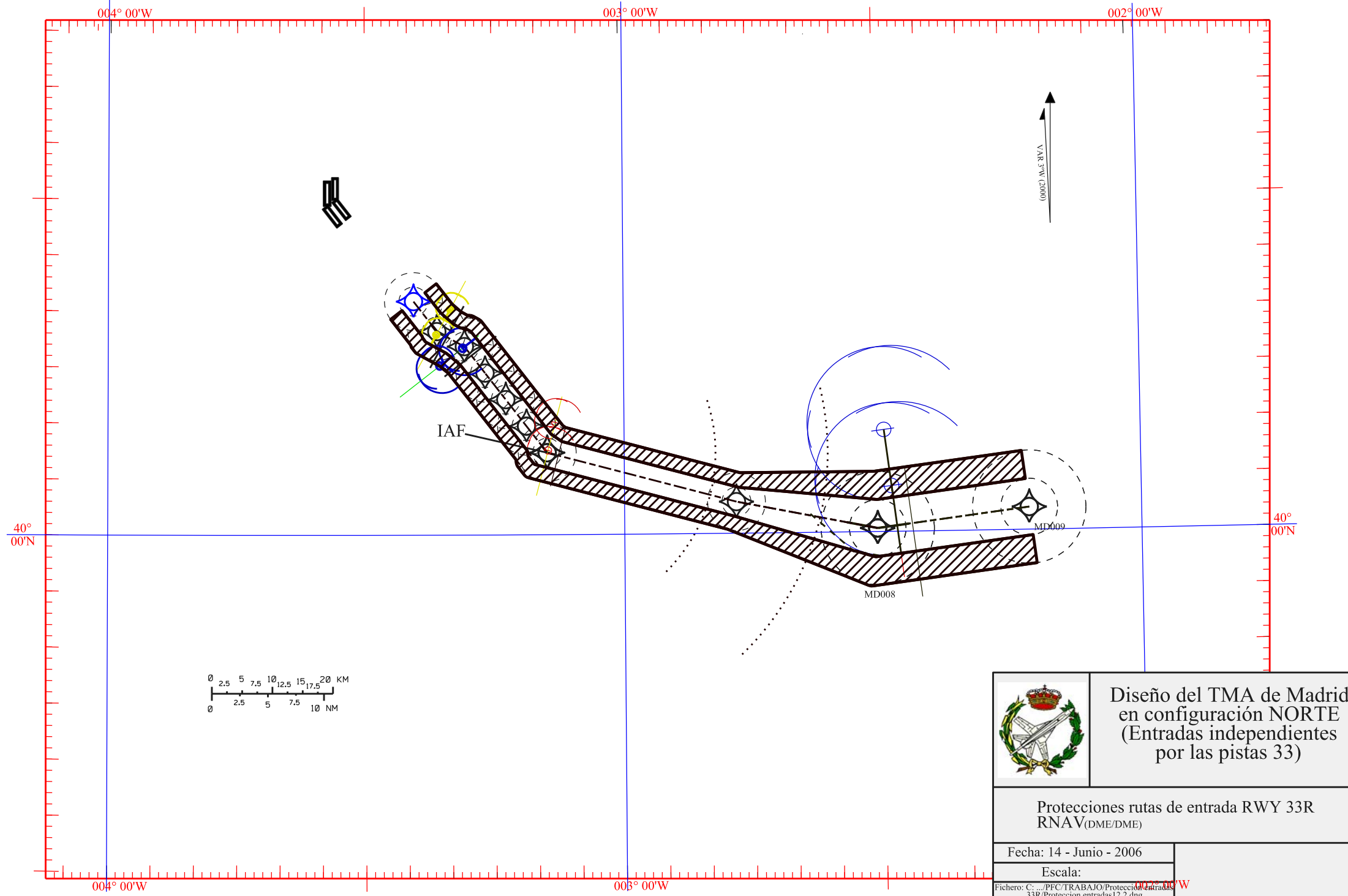
Fichero: C:/.../PFC/TRABAJO/Proteccion entradas/
33R/Proteccion entradas11 2.dng

Página: 11/17

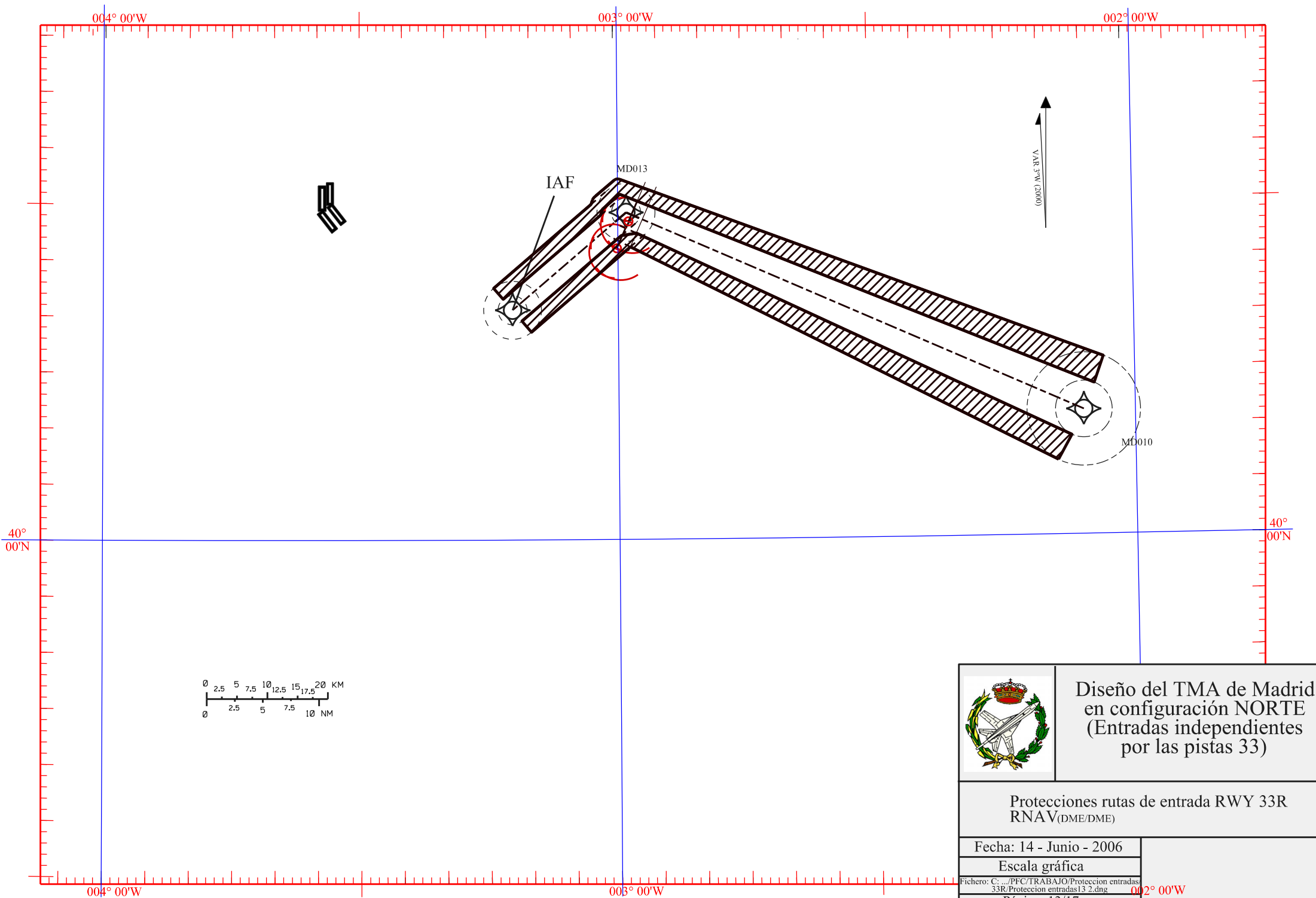
[Exclusivamente para uso académico]

003° 00'W





	Diseño del TMA de Madrid en configuración NORTE (Entradas independientes por las pistas 33)
Protecciones rutas de entrada RWY 33R RNAV_(DME/DME)	
Fecha: 14 - Junio - 2006	
Escala:	
Fichero: C:\...PFC\TRABAJO\Proteccion Entradas 33R\Proteccion Entradas12.2.dwg	
Página: 12/17	



Diseño del TMA de Madrid
en configuración NORTE
(Entradas independientes
por las pistas 33)

Protecciones rutas de entrada RWY 33R
RNAV_(DME/DME)

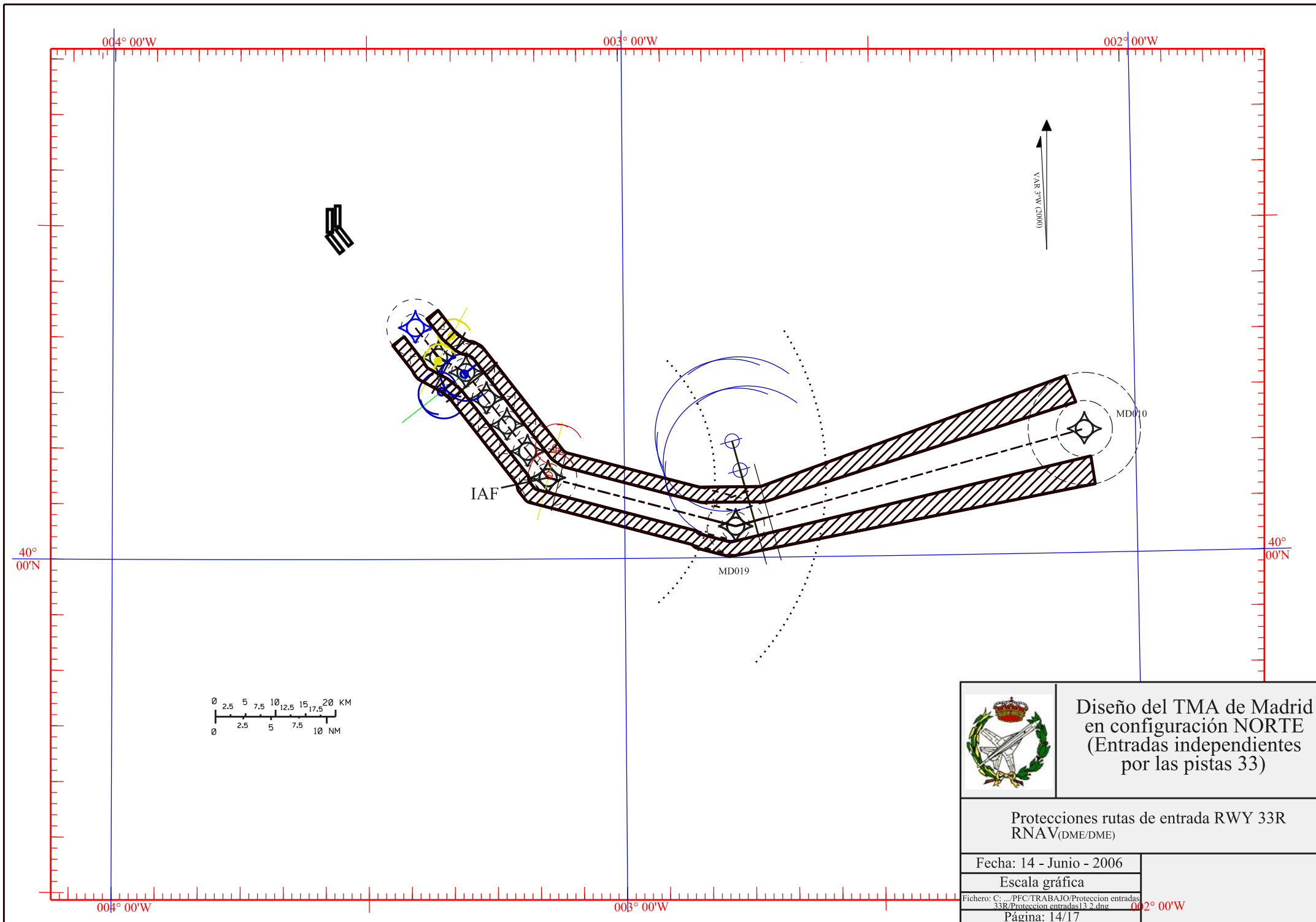
Fecha: 14 - Junio - 2006

Escala gráfica

Fichero: C:\...PFC\TRABAJO\Proteccion entradas
33R\Proteccion entradas13 2.dwg

Página: 13/17

002° 00'W



Diseño del TMA de Madrid en configuración NORTE (Entradas independientes por las pistas 33)

Protecciones rutas de entrada RWY 33R
RNAV_(DME/DME)

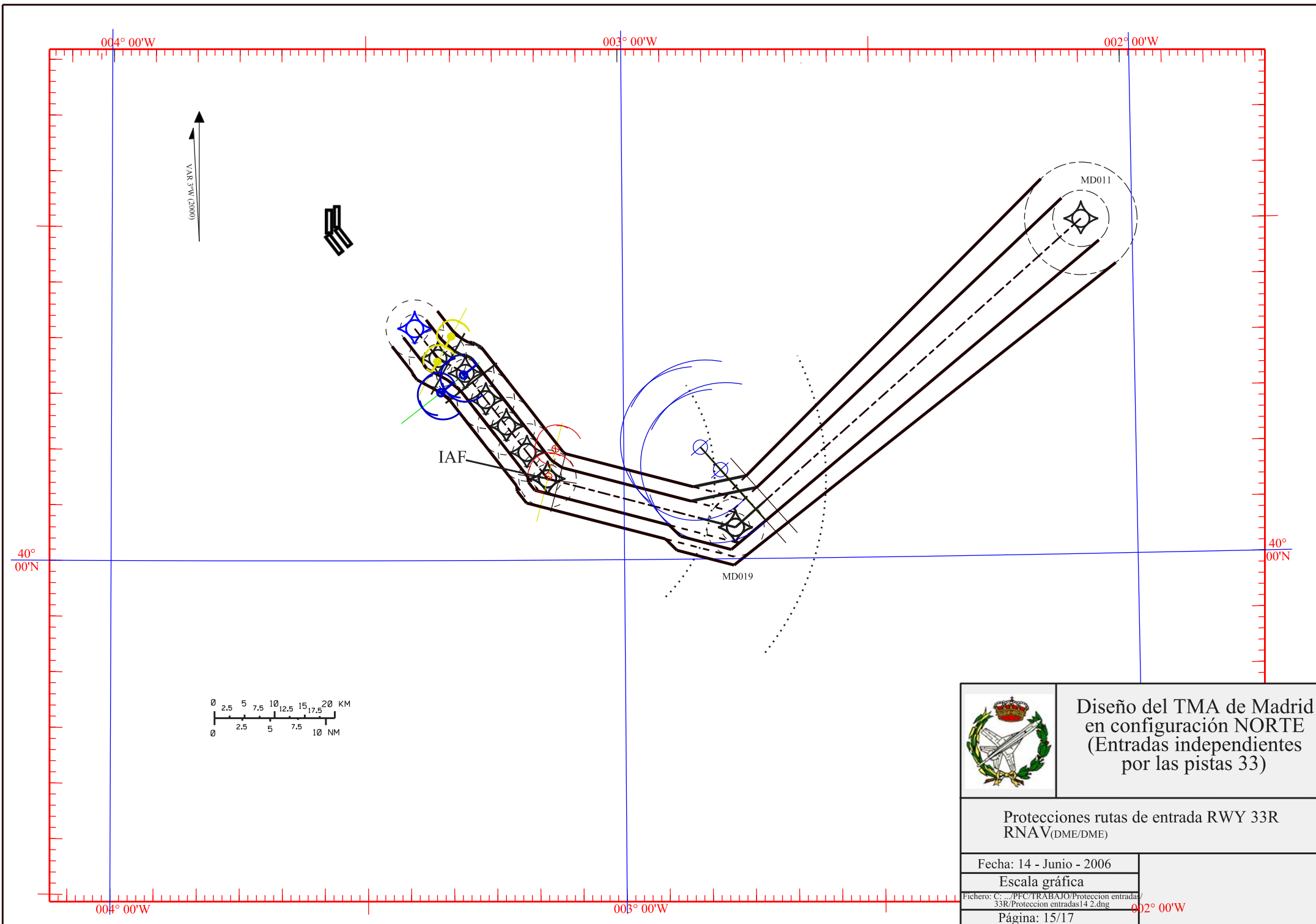
Fecha: 14 - Junio - 2006

Escala gráfica

Fichero: C:\...\PFC/TRABAJO/Proteccion entradas
33R/Proteccion entradas13.2.dwg

Página: 14/17

002° 00' W



Diseño del TMA de Madrid en configuración NORTE (Entradas independientes por las pistas 33)

Protecciones rutas de entrada RWY 33R
RNAV_(DME/DME)

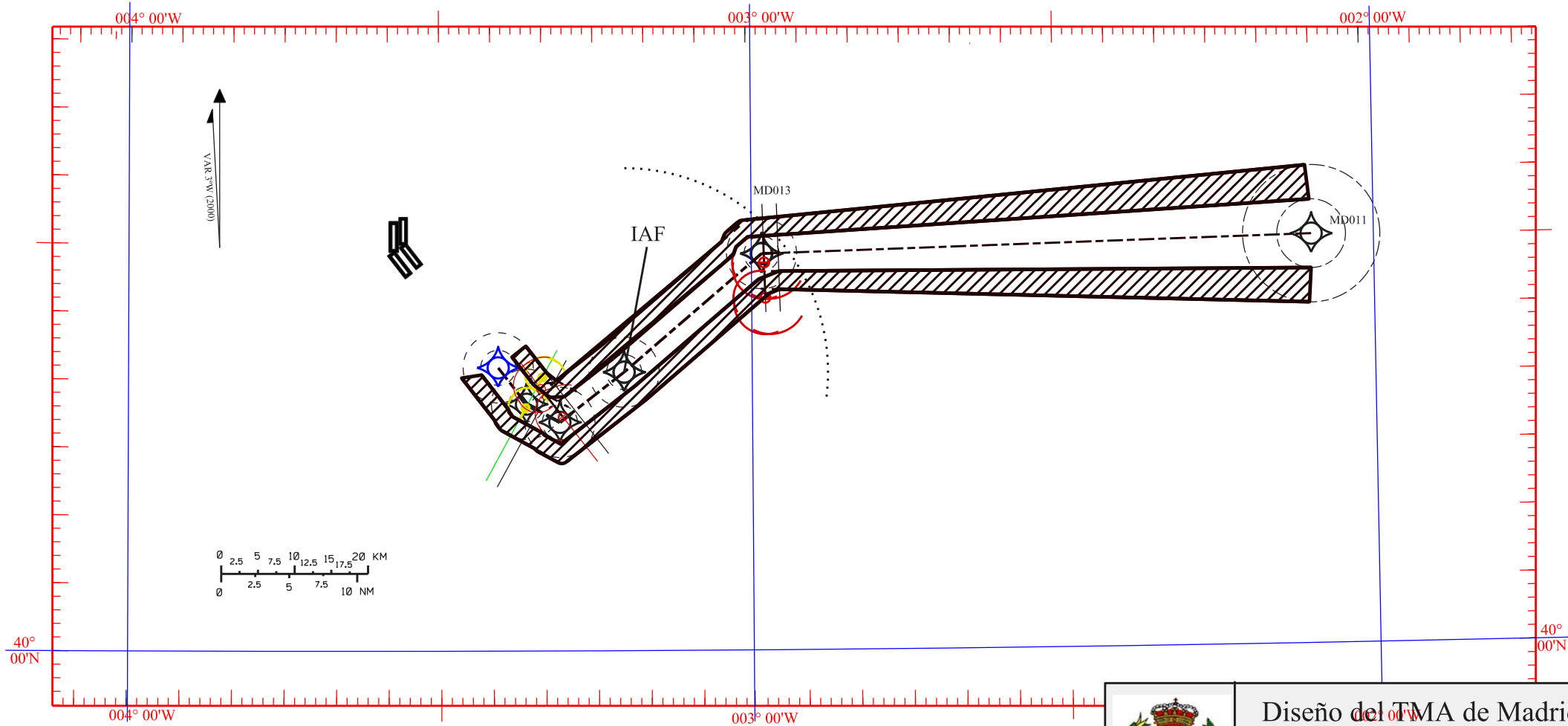
Fecha: 14 - Junio - 2006

Escala gráfica

Fichero: C:\... \PFC\TRABAJO\Proteccion entrada/
33R\Proteccion entradas14 2.dwg

Página: 15/17

002° 00'W



Diseño del TMA de Madrid en configuración NORTE (Entradas independientes por las pistas 33)

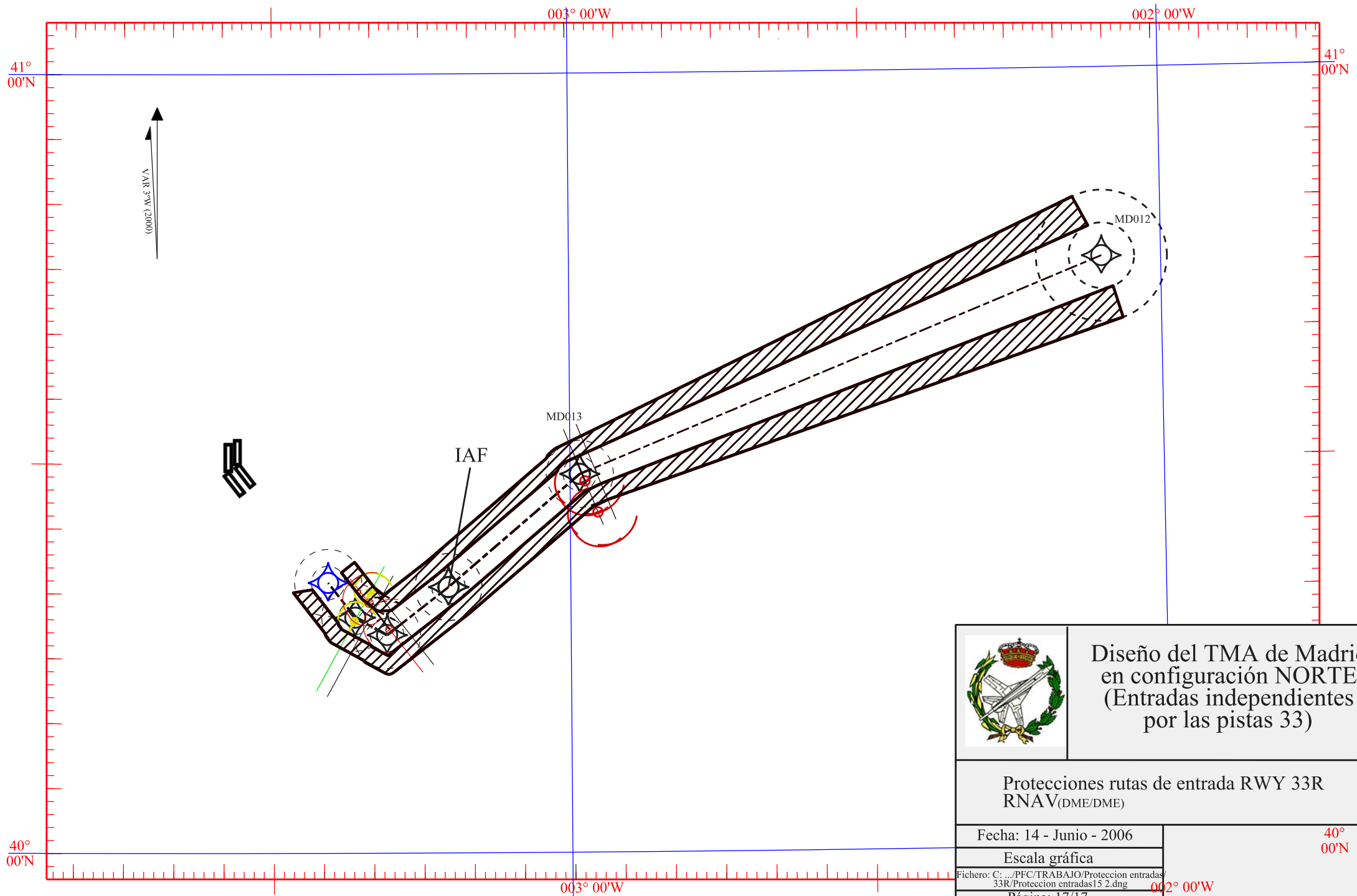
Protecciones rutas de entrada RWY 33R
RNAV_(DME/DME)

Fecha: 14 - Junio - 2006

Escala gráfica

Fichero: C:\...PF\TRABAJO\Proteccion entradas\33R\Proteccion entradas14 2.dwg

Página: 16/17



Diseño del TMA de Madrid
en configuración NORTE
(Entradas independientes
por las pistas 33)

Protecciones rutas de entrada RWY 33R
RNAV_(DME/DME)

Fecha: 14 - Junio - 2006

Escala gráfica

Fichero: C:\...PFC/TRABAJO/Proteccion entradas
33R/Proteccion entradas15 2.dwg

Página: 17/17

40°
00'N

002° 00'W

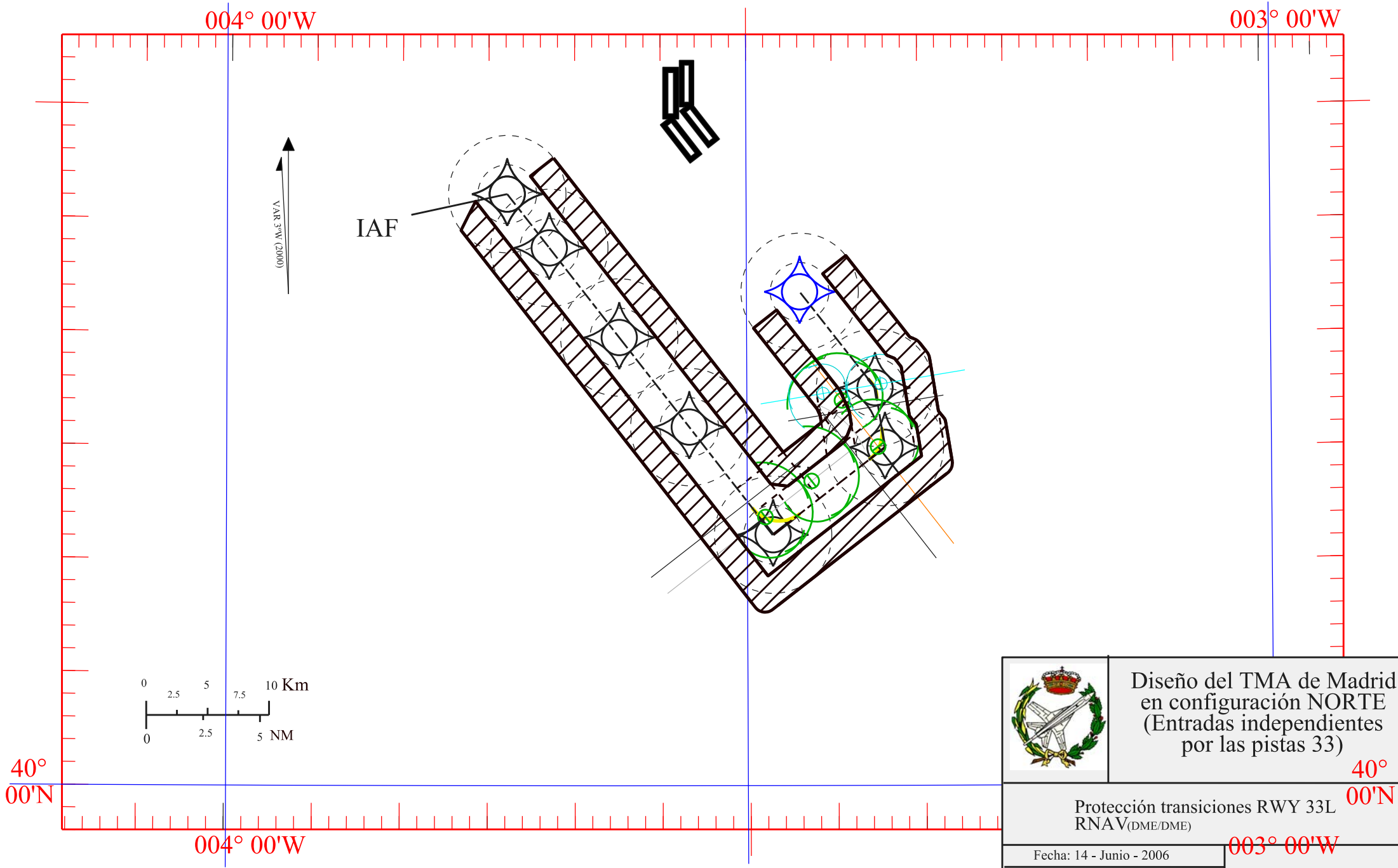
Anexo 12-A

Protecciones transiciones RWY 33L

Numero de carta	Tramo	Ángulo de cambio de rumbo (α) [°]	Velocidad en el giro (V)[Kts]	Ángulo de alabeo (ϕ) [°]	Radio de giro (r)[m]	Distancia de iniciación (Y)[m]	ATT [m]	ATT+Roll [m]
1/9	MD043-MD042	90	220	25	2778	2778	592.64	1259.36
	MD042-MD033							
	MD042-MD033	60	220	25	2778	1666.8	592.64	1259.36
	MD033-MD032							
	MD033-MD032	30	180	25	1852	1852	592.64	1148.24
	MD032-FAP							
2/9	MD042-MD041	90	220	25	2778	2778	592.64	1259.36
	MD041-MD034							
	MD041-MD034	90	220	25	2778	2778	592.64	1259.36
	MD034-MD033							
	MD034-MD033	30	220	25	2778	1296.4	592.64	1259.36
	MD033-MD032							
3/9	MD033-MD032	30	180	25	1852	1852	592.64	1148.24
	MD032-FAP							
	MD041-MD040	90	220	25	2778	2778	592.64	1259.36
	MD040-MD035							
	MD040-MD035	90	220	25	2778	2778	592.64	1259.36
	MD035-MD034							
4/9	MD034-MD033	30	220	25	2778	1296.4	592.64	1259.36
	MD033-MD032							
	MD033-MD032	30	180	25	1852	1852	592.64	1148.24
	MD032-FAP							
	MD040-MD039	90	220	25	2778	2778	592.64	1259.36
	MD039-MD036							
4/9	MD039-MD036	90	220	25	2778	2778	592.64	1259.36
	MD036-MD035							
	MD034-MD033	30	220	25	2778	1296.4	592.64	1259.36
	MD033-MD032							
	MD033-MD032	30	180	25	1852	1852	592.64	1148.24
	MD032-FAP							

5/9	MD039-MD038	90	220	25	2778	2778	592.64	1259.36
	MD038-MD037							
	MD038-MD037	90	220	25	2778	2778	592.64	1259.36
	MD037-MD036							
	MD034-MD033	30	220	25	2778	1296.4	592.64	1259.36
	MD033-MD032							
	MD033-MD032	30	180	25	1852	1852	592.64	1148.24
	MD032-FAP							
6/9	MD050-MD043	90	220	25	2778	2778	592.64	1259.36
	MD043-MD042							
	MD040-MD039	90	220	25	2778	2778	592.64	1259.36
	MD039-MD036							
	MD039-MD036	90	220	25	2778	2778	592.64	1259.36
	MD036-MD035							
	MD034-MD033	30	220	25	2778	1296.4	592.64	1259.36
	MD033-MD032							
7/9	MD033-MD032	30	180	25	1852	1852	592.64	1148.24
	MD032-FAP							
	MD050-MD049	90	220	25	2778	2778	592.64	1259.36
	MD049-MD044							
	MD049-MD044	90	220	25	2778	2778	592.64	1259.36
	MD044-MD043							
	MD039-MD038	90	220	25	2778	2778	592.64	1259.36
	MD038-MD037							
	MD038-MD037	90	220	25	2778	2778	592.64	1259.36
	MD037-MD036							
	MD034-MD033	30	220	25	2778	1296.4	592.64	1259.36
	MD033-MD032							
	MD033-MD032	30	180	25	1852	1852	592.64	1148.24
	MD032-FAP							

8/9	MD049-MD048	90	220	25	2778	2778	592.64	1259.36
	MD048-MD045							
	MD048-MD045	90	220	25	2778	2778	592.64	1259.36
	MD045-MD044							
	MD043-MD042	90	220	25	2778	2778	592.64	1259.36
	MD042-MD033							
	MD042-MD033	60	220	25	2778	1666.8	592.64	1259.36
	MD033-MD032							
	MD033-MD032	30	180	25	1852	1852	592.64	1148.24
	MD032-FAP							
	MD048-MD047	90	220	25	2778	2778	592.64	1259.36
	MD047-MD046							
9/9	MD047-MD046	90	220	25	2778	2778	592.64	1259.36
	MD046-MD045							
	MD042-MD041	90	220	25	2778	2778	592.64	1259.36
	MD041-MD034							
	MD041-MD034	90	220	25	2778	2778	592.64	1259.36
	MD034-MD033							
	MD034-MD033	30	220	25	2778	1296.4	592.64	1259.36
	MD033-MD032							
	MD033-MD032	30	180	25	1852	1852	592.64	1148.24
	MD032-FAP							



Diseño del TMA de Madrid
en configuración NORTE
(Entradas independientes
por las pistas 33)

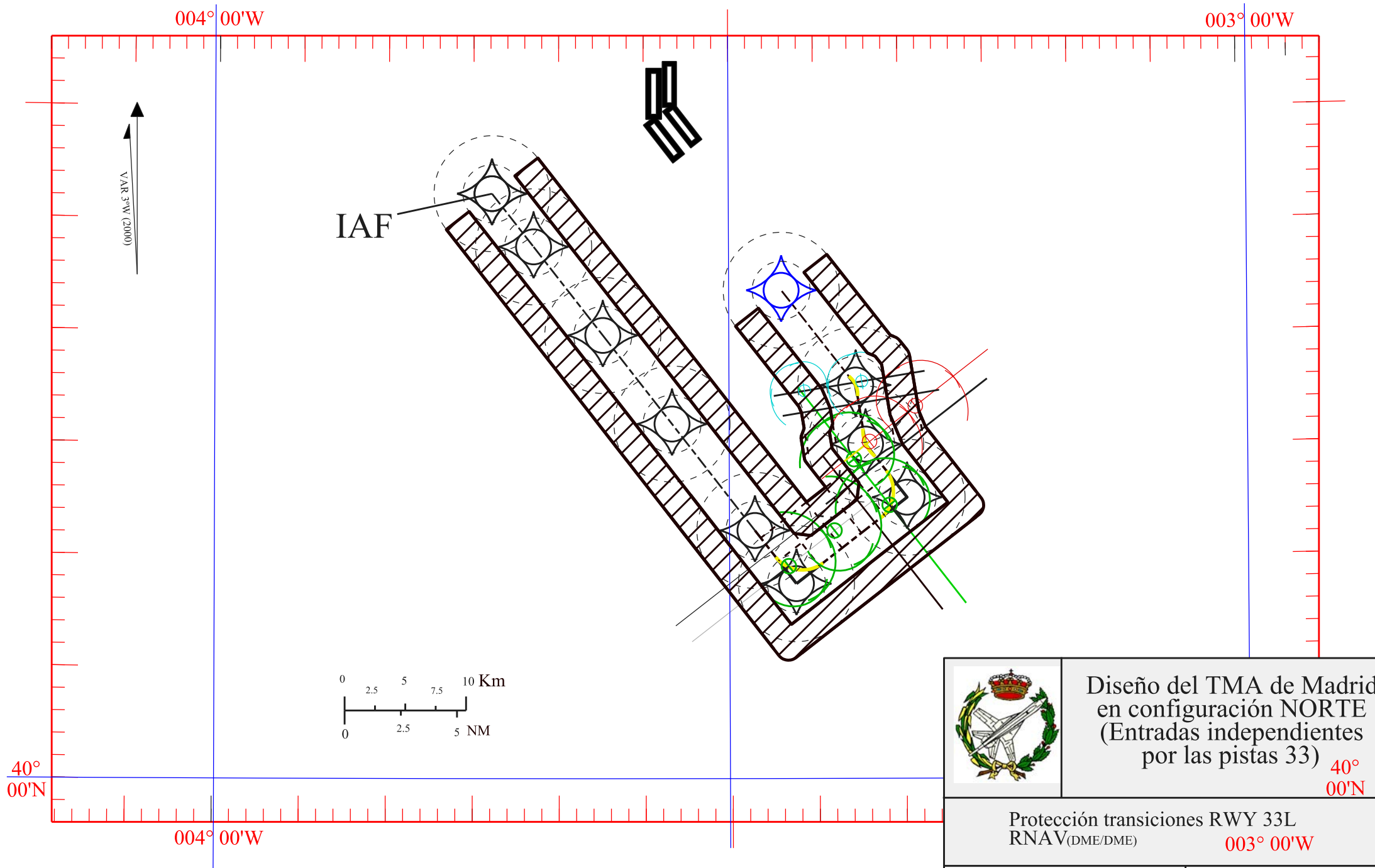
Protección transiciones RWY 33L
RNAV_(DME/DME)

Fecha: 14 - Junio - 2006

Escala gráfica

Fichero: C: \... \PFC \TRABAJO \Protecciones transiciones
33L \Transición33L 1.dgn

Página: 1/9



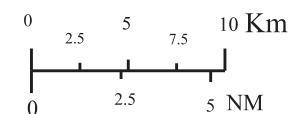
	Diseño del TMA de Madrid en configuración NORTE (Entradas independientes por las pistas 33)
Protección transiciones RWY 33L RNAV(DME/DME)	
Fecha: 14 - Junio - 2006	
Escala gráfica	
Fichero: C: \... \PFC \TRABAJO \Protecciones transiciones \33L \Transición33L 2.dwg	
Página: 2/9	

004° 00'W

003° 00'W



IAF



Diseño del TMA de Madrid
en configuración NORTE
(Entradas independientes
por las pistas 33)

40°
00'N

40°
00'N

Protección transiciones RWY 33L
RNAV_(DME/DME)

004° 00'W

003° 00'W

Fecha: 14 - Junio - 2006

Escala: gráfica

Fichero: C: \... \PFC \TRABAJO \Protecciones transiciones/
33L \Transiciones33L 3.dng

Página: 3/9

004° 00'W

003° 00'W

VAR 3°W (2000)

IAF

0 2.5 5 7.5 10 Km
0 2.5 5 NM



Diseño del TMA de Madrid
en configuración NORTE
(Entradas independientes
por las pistas 33)

40°

00'N

Protección transiciones RWY 33L
RNAV_(DME/DME)

004° 00'W

Fecha: 14 - Junio - 2006

Escala gráfica

Fichero: C: \... \PFC \TRABAJO \Protecciones transiciones
33L \Transición33L 4.dwg

Página: 4/9

[Exclusivamente para uso académico]

40°

00'N

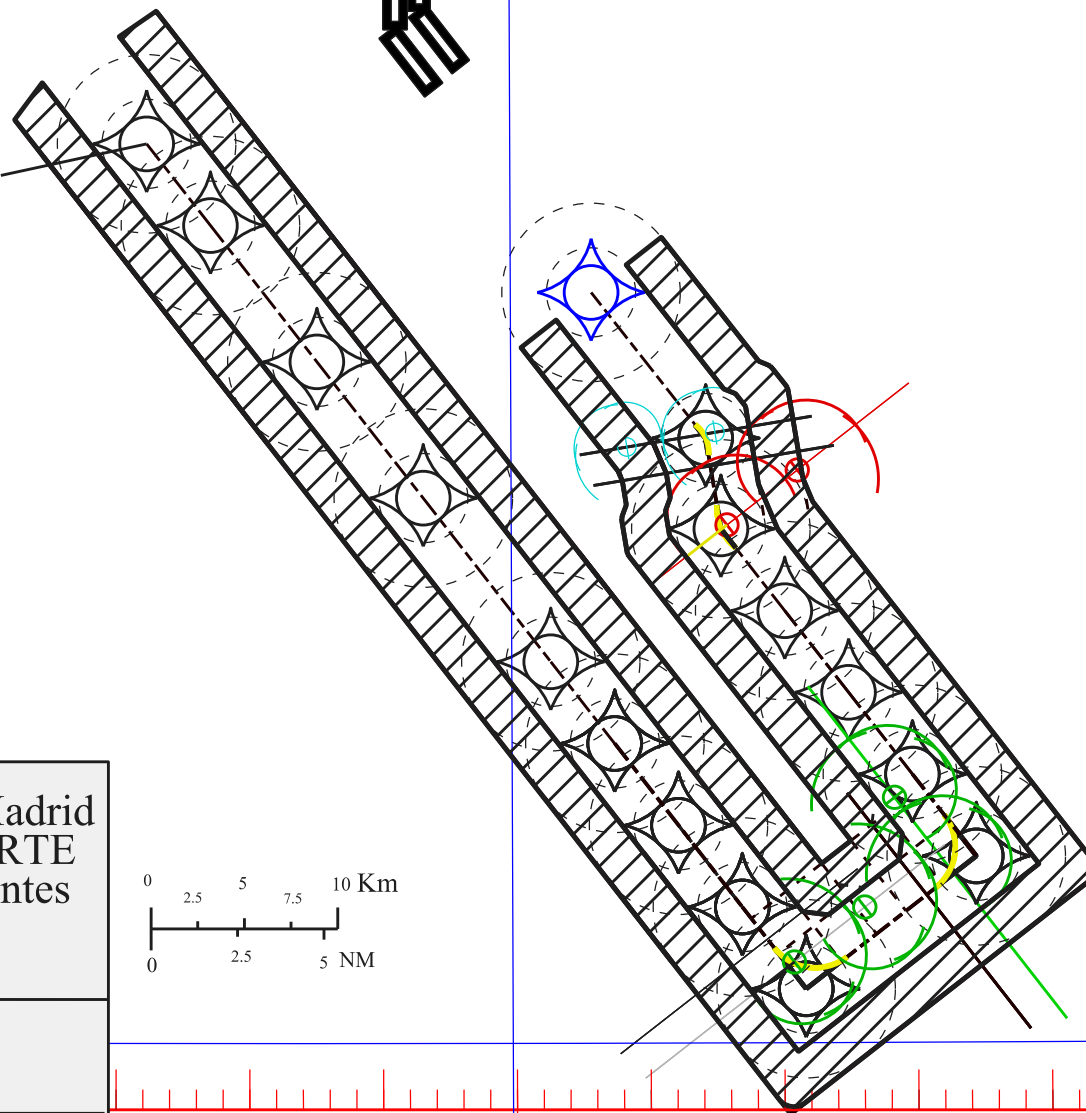
003° 00'W

004° 00'W

003° 00'W



IAF



Diseño del TMA de Madrid
en configuración NORTE
(Entradas independientes
por las pistas 33)

40°
00'N

Protección transiciones RWY 33L
RNAV_(DME/DME)

Fecha: 14 - Junio - 2006

Escala:

Fichero: C: \... \PFC \TRABAJO \Protecciones transiciones/
33L \Transición33L 5.dwg

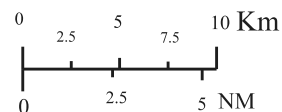
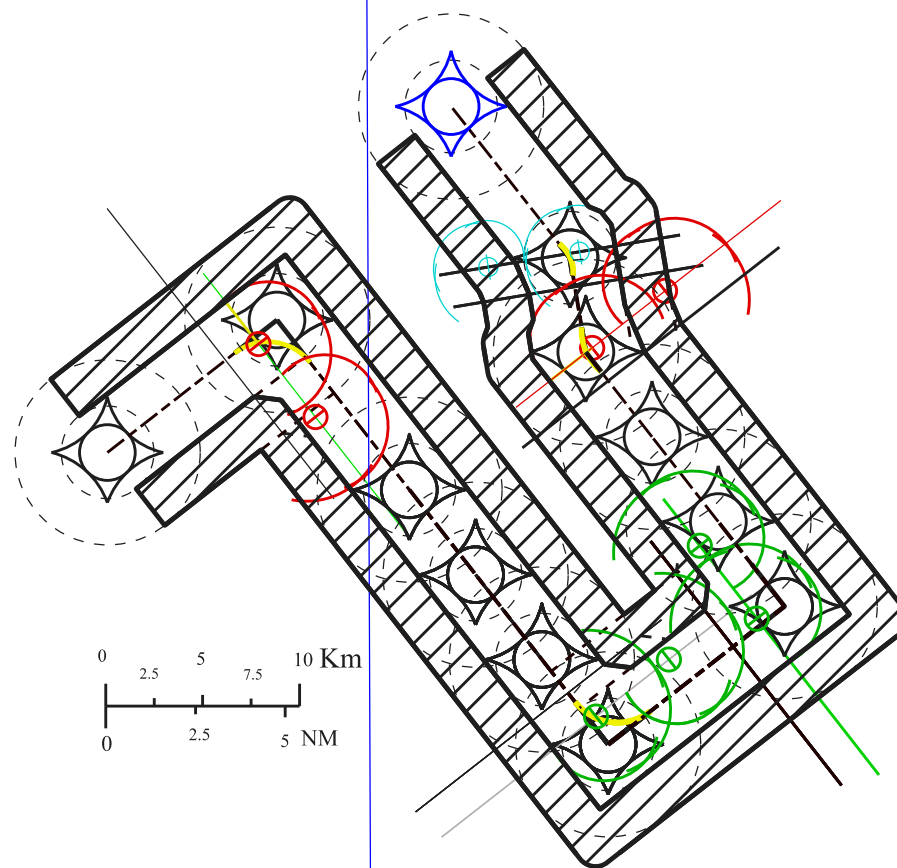
Página: 5/9

40°
00'N

003° 00'W

004° 00'W

003° 00'W



Diseño del TMA de Madrid
en configuración NORTE
(Entradas independientes
por las pistas 33)

40°
00'N

Protección transiciones RWY 33L
RNAV_(DME/DME)

Fecha: 14 - Junio - 2006

Escala gráfica

Fichero: C: \... \PFC \TRABAJO \Protecciones transiciones/
33L \Transición33L 6.dng

Página: 6/9

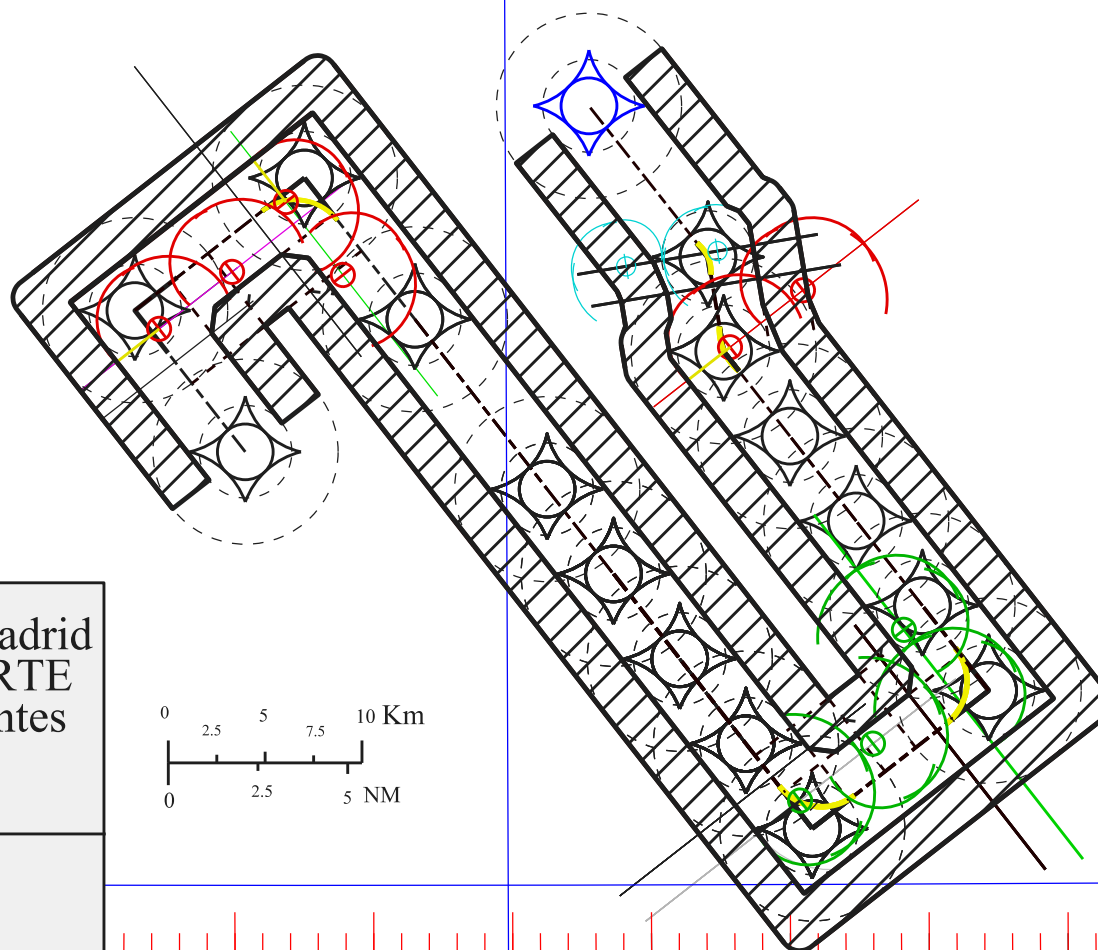
004° 00'W

003° 00'W

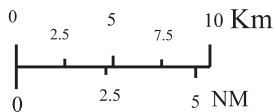
40°
00'N

004° 00'W

003° 00'W



Diseño del TMA de Madrid
en configuración NORTE
(Entradas independientes
por las pistas 33)



40°
00'N

Protección transiciones RWY 33L
RNAV_(DME/DME)

Fecha: 14 - Junio - 2004

Escala gráfica

Fichero: C: \... \PFC \TRABAJO \Protecciones transiciones
33L \Transición33L 7.dng

Página: 7/9

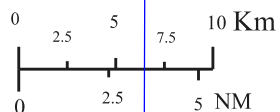
[Exclusivamente para uso académico]

40°
00'N

003° 00'W

004° 00'W

003° 00'W



Diseño del TMA de Madrid
en configuración NORTE
(Entradas independientes
por las pistas 33)

Protección transiciones RWY 33L
RNAV_(DME/DME)

40°
00'N

Fecha: 14 - Junio - 2006

Escala gráfica

Fichero: C: \... \PFC \TRABAJO \Protecciones transiciones
33L \Transición33L 8.dwg

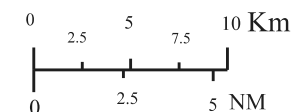
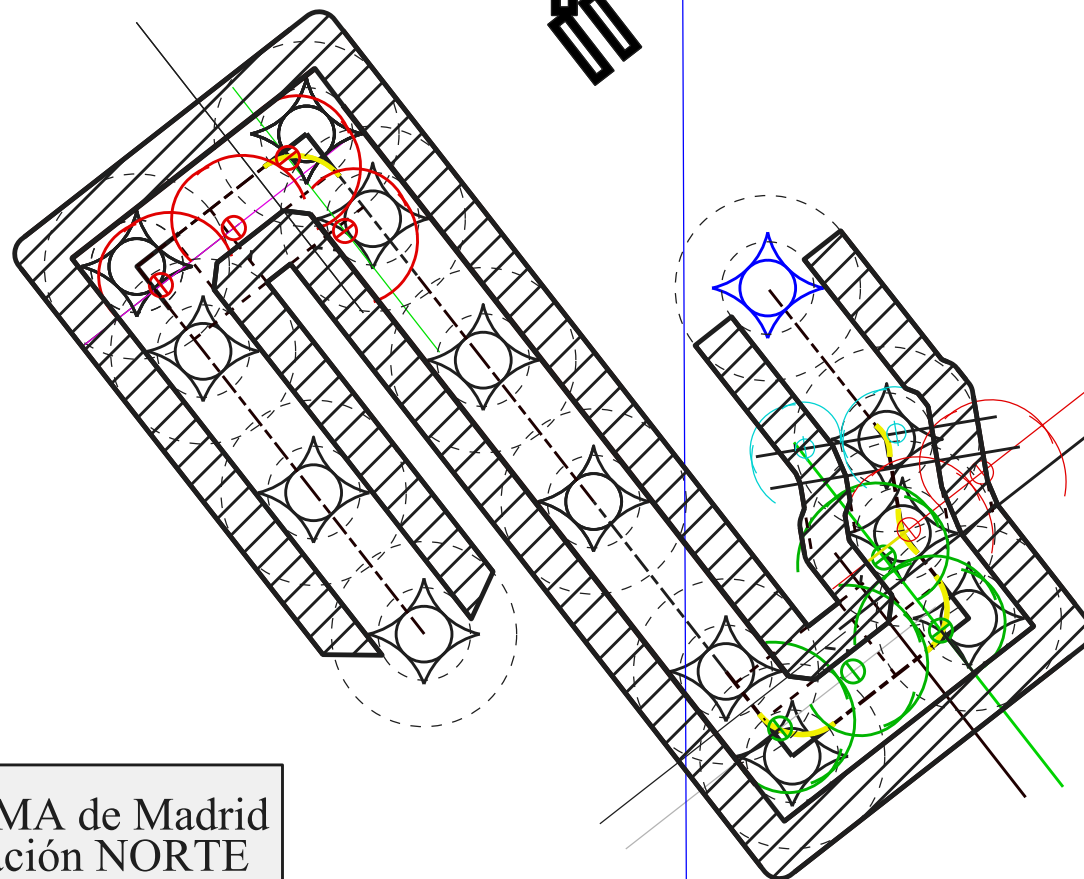
Página: 8/9

003° 00'W

004° 00'W

003° 00'W

VAR 3°W (2000)



40°
00'N

003° 00'W

004° 00'W



Diseño del TMA de Madrid en configuración NORTE (Entradas independientes por las pistas 33)

40°
00'N

Protección transiciones RWY 33L
RNAV_(DME/DME)

Fecha: 14 - Junio - 2006

Escala gráfica

Fichero: C:\...\PFC\TRABAJO\Protecciones transiciones/
33L\Transición33L 9.dwg

Página: 9/9

[Exclusivamente para uso académico]

Anexo 12-B

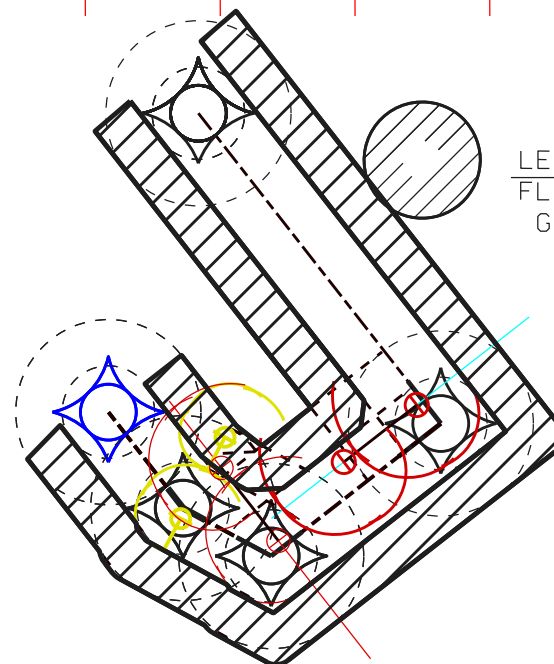
Protecciones transiciones RWY 33R

Numero de carta	Tramo	Ángulo de cambio de rumbo (α) [°]	Velocidad en el giro (V)[Kts]	Ángulo de alabeo (ϕ)[°]	Radio de giro (r)[m]	Distancia de iniciación (Y)[m]	ATT [m]	ATT+Roll [m]
1/5	MD020-MD021	90	220	25	2778	2778	592.64	1259.36
	MD021-MD030							
	MD021-MD030	65	220	25	2778	1852	592.64	1259.36
	MD030-MD031							
	MD030-MD031							
2/5	MD031-FAP	25	180	25	1852	1852	592.64	1148.24
	MD021-MD022							
	MD022-MD029	90	220	25	2778	2778	592.64	1259.36
	MD022-MD029							
	MD029-MD030	25	180	25	1852	1852	592.64	1148.24
	MD029-MD030							
	MD030-MD031							
	MD030-MD031	25	180	25	1852	1852	592.64	1148.24
	MD031-FAP							
	MD022-MD023	90	220	25	2778	2778	592.64	1259.36
3/5	MD023-MD028							
	MD023-MD028	90	220	25	2778	2778	592.64	1259.36
	MD028-MD029							
	MD029-MD030							
	MD030-MD031	25	180	25	1852	1852	592.64	1148.24
	MD030-MD031							
	MD031-FAP	90	220	25	2778	2778	592.64	1259.36
	MD023-MD24							
	MD024-MD027	90	220	25	2778	2778	592.64	1259.36
	MD024-MD027							
	MD027-MD028							
4/5	MD029-MD030	25	180	25	1852	1852	592.64	1148.24
	MD030-MD031							
	MD030-MD031	25	180	25	1852	1852	592.64	1148.24
	MD031-FAP							
	MD023-MD24	90	220	25	2778	2778	592.64	1259.36
	MD024-MD027							
	MD024-MD027	90	220	25	2778	2778	592.64	1259.36

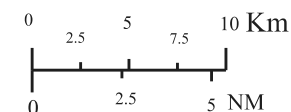
5/5	MD024-MD025	90	220	25	2778	2778	592.64	1259.36
	MD025-MD026							
	MD025-MD026	90	220	25	2778	2778	592.64	1259.36
	MD026-MD027							
	MD029-MD030	25	180	25	1852	1852	592.64	1148.24
	MD030-MD031							
	MD030-MD031	25	180	25	1852	1852	592.64	1148.24
	MD031-FAP							

004° 00'W

003° 00'W



LED94
FL120
GND



Diseño del TMA de Madrid en configuración NORTE (Entradas independientes por las pistas 33)

40°
00'N Protección transiciones RWY 33R
RNAV_(DME/DME)

Fecha: 14 - Junio - 2006

Escala gráfica

Fichero: C: \... \PFC \TRABAJO \Protecciones transiciones/
33R \Transición33R 1.dng

Página: 1/5

[Exclusivamente para uso académico]

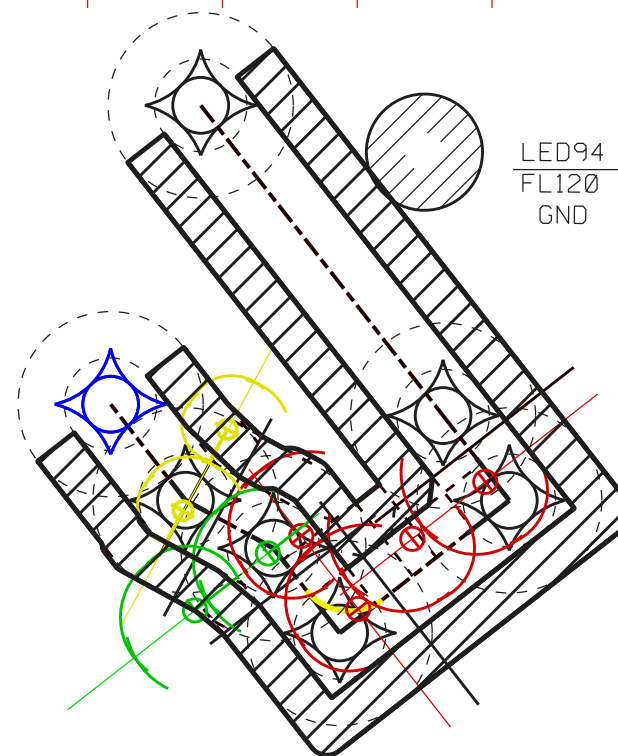
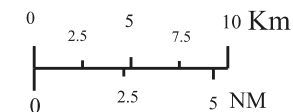
004° 00'W

003° 00'W

40°
00'N

004° 00'W

003° 00'W

LED94
FL120
GND40°
00'N

003° 00'W



Diseño del TMA de Madrid en configuración NORTE (Entradas independientes por las pistas 33)

40°
00'N

Protección transiciones RWY 33R
RNAV_(DME/DME)

Fecha: 14 - Junio - 2006

Escala gráfica

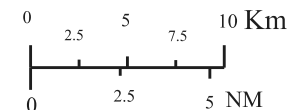
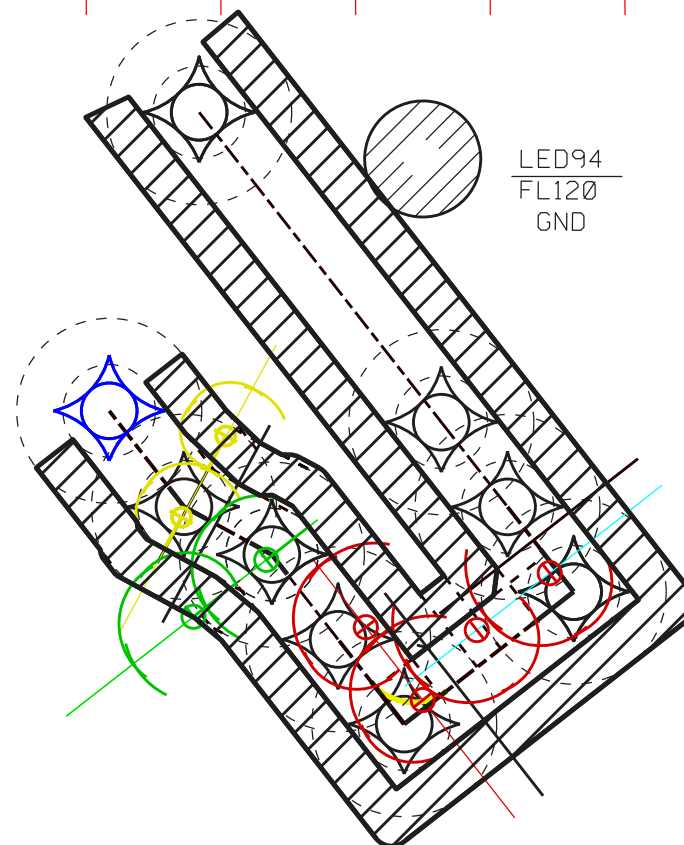
Fichero: C: \... \PFC \TRABAJO \Protecciones transiciones/
33R \Transición33R 2.dng

Página: 2/5

[Exclusivamente para uso académico]

004° 00'W

003° 00'W



40°
00'N

003° 00'W



Diseño del TMA de Madrid en configuración NORTE (Entradas independientes por las pistas 33)

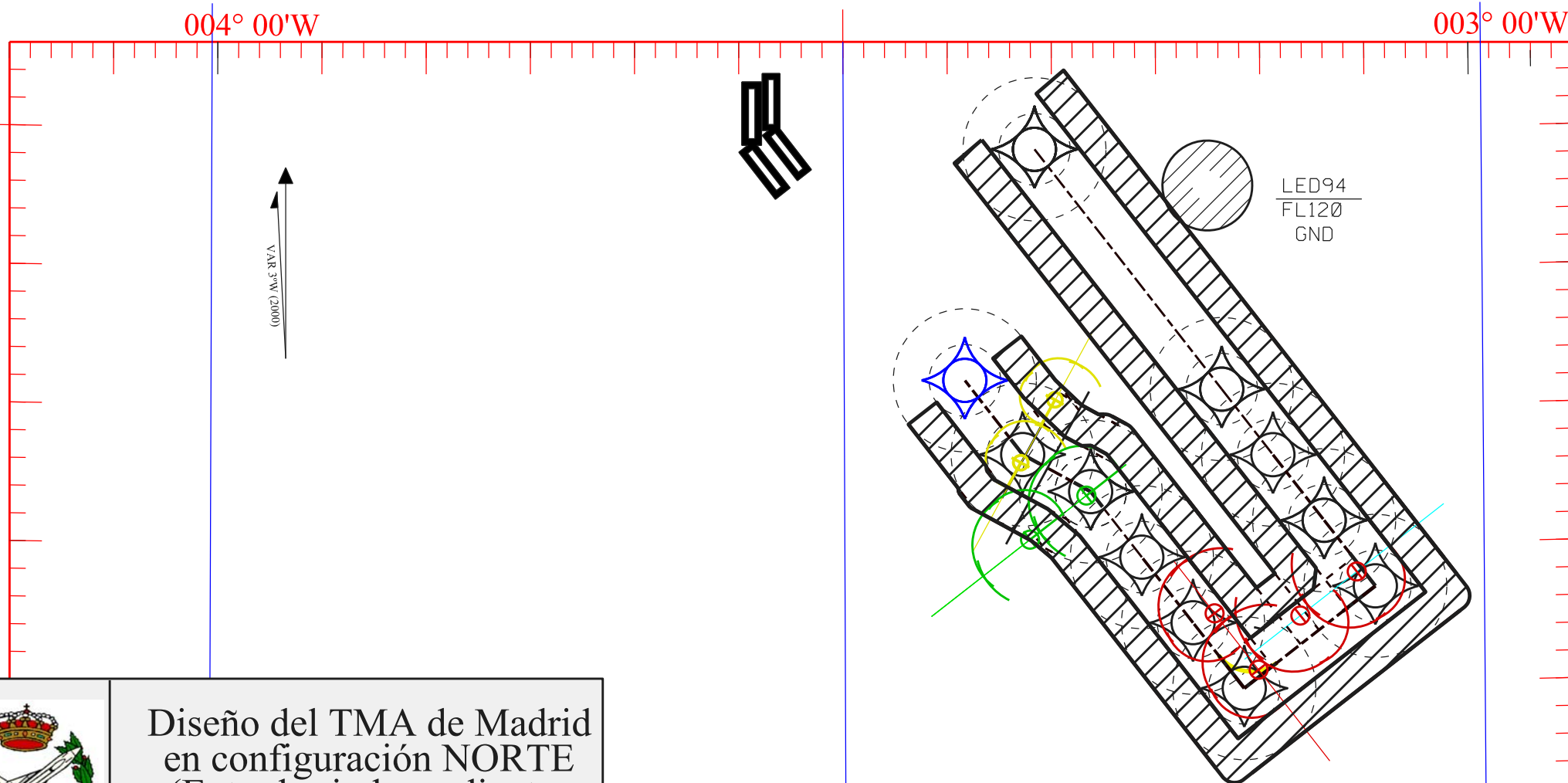
Protección transiciones RWY 33R
RNAV_(DME/DME)

Fecha: 14 - Junio - 2006

Escala gráfica

Fichero: C: \... \PFC \TRABAJO \Protecciones transiciones \33R \Transición33R 3.dng

Página: 3/5



Diseño del TMA de Madrid en configuración NORTE (Entradas independientes por las pistas 33)

40°
00'N

Fecha: 14 - Junio - 2006

Escala:

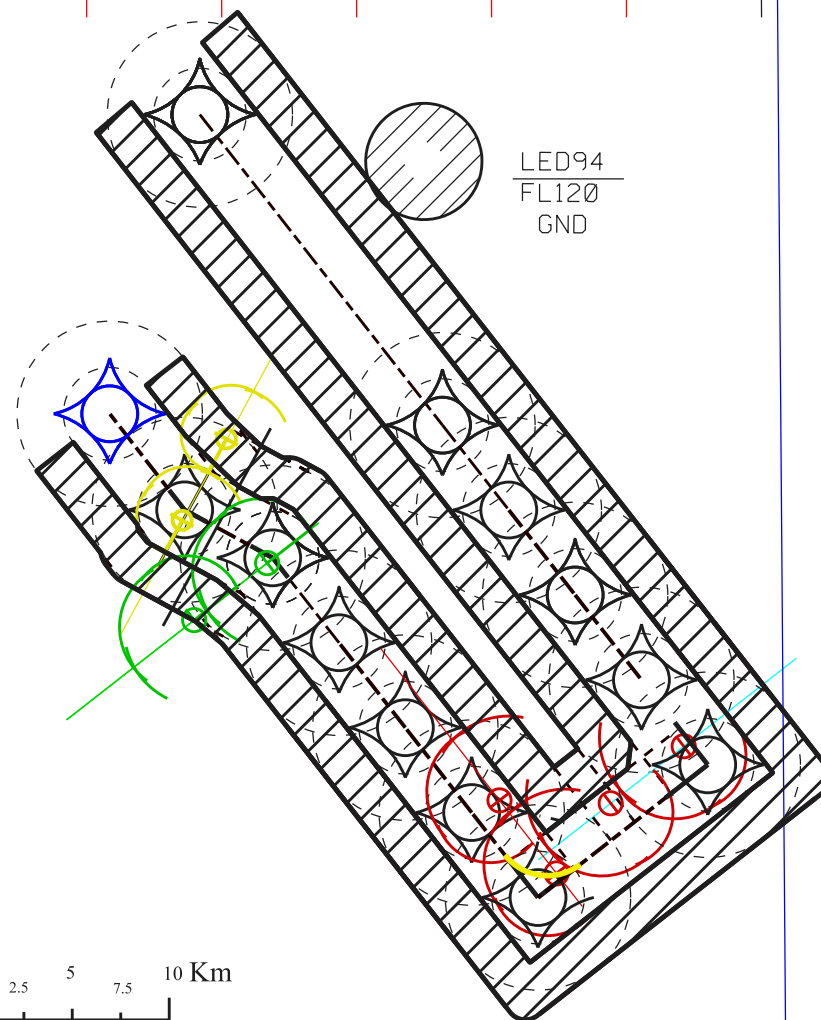
Fichero: C: .../PFC/TRABAJO/Protecciones transiciones
33R/Transición33R.4.dng

Página: 4/5

[Exclusivamente para uso académico]

004° 00'W

003° 00'W



0 2.5 5 7.5 10 Km
0 2.5 5 NM

40°
00'N

003° 00'W

Diseño del TMA de Madrid
en configuración NORTE
(Entradas independientes
por las pistas 33)



40°
00'N Protección transiciones RWY 33R
RNAV_(DME/DME)

Fecha: 14 - Junio - 2006

Escala gráfica

Fichero: C: .../PFC/TRABAJO/Protecciones transiciones/
33R/Transición33R 5.dng

Página: 5/5

[Exclusivamente para uso académico]

Anexo 13

Cartas procedimientos actuales

Diseño Del TMA De Madrid En Configuración Norte (Llegadas a MADRID/Barajas Por Las Pistas 33)

En este anexo se incluirán las cartas que se disponen en la actualidad recogidas de la referencia [4.2].

CARTA 1: Circulación VFR TMA Madrid.

CARTA 2: Carta de salida normalizada, vuelo por instrumentos (SID)-OACI Madrid/Barajas RWY 36L.

CARTA 3: Carta de salida normalizada, vuelo por instrumentos (SID)-OACI Madrid/Barajas RWY 36R diurno.

CARTA 4: Carta de salida normalizada, vuelo por instrumentos (SID)-OACI Madrid/Barajas RWY 36R nocturno.

CARTA 5: Carta de entrada normalizada, vuelo por instrumentos (STAR)-OACI Madrid/Barajas RWY 33L/33R.

CARTA 6: Carta de aproximación por instrumentos – OACI, Madrid/Barajas ILS RWY 33L.

CARTA 7: Carta de aproximación por instrumentos – OACI, Madrid/Barajas ILS RWY 33R.

ALTITUDES, ALTURAS Y ELEVACIONES EN PIES

- MADRID/ Barajas AD no admite tráfico en VFR.

- Los sectores prohibidos a los vuelos VFR excepcionalmente podrán ser sobrevolados por:

- Zona LED 17:** Antes de entrar en la zona se establecerá contacto radio con la TWR de MADRID/Colmenar Viejo AD (123.225 MHz) para solicitar información de tráfico.

Frecuencias (MHz):

- MADRID/Cuatro Vientos TWR: 118.70 - MIL: 139.30; 137.525
- MADRID/Getafe TWR: 138.30 - MIL: 139.30; 370.20
- Colmenar Viejo APP: 126.60; 340.60
- MADRID/Barajas TWR: ARR 118.150; DEP 118.075
- Ocaña A/G: 122.60
- EMERG: 121.50

Idioma

ES/EN
ES/EN
ES
ES/EN
ES

(1) MADRID TMA : Excepto sector prohibido a los vuelos VFR.

(2) MADRID CTR : Prohibidos los vuelos VFR, excepto aeronaves militares con destino / origen MADRID/Torrejón y MADRID/Getafe.

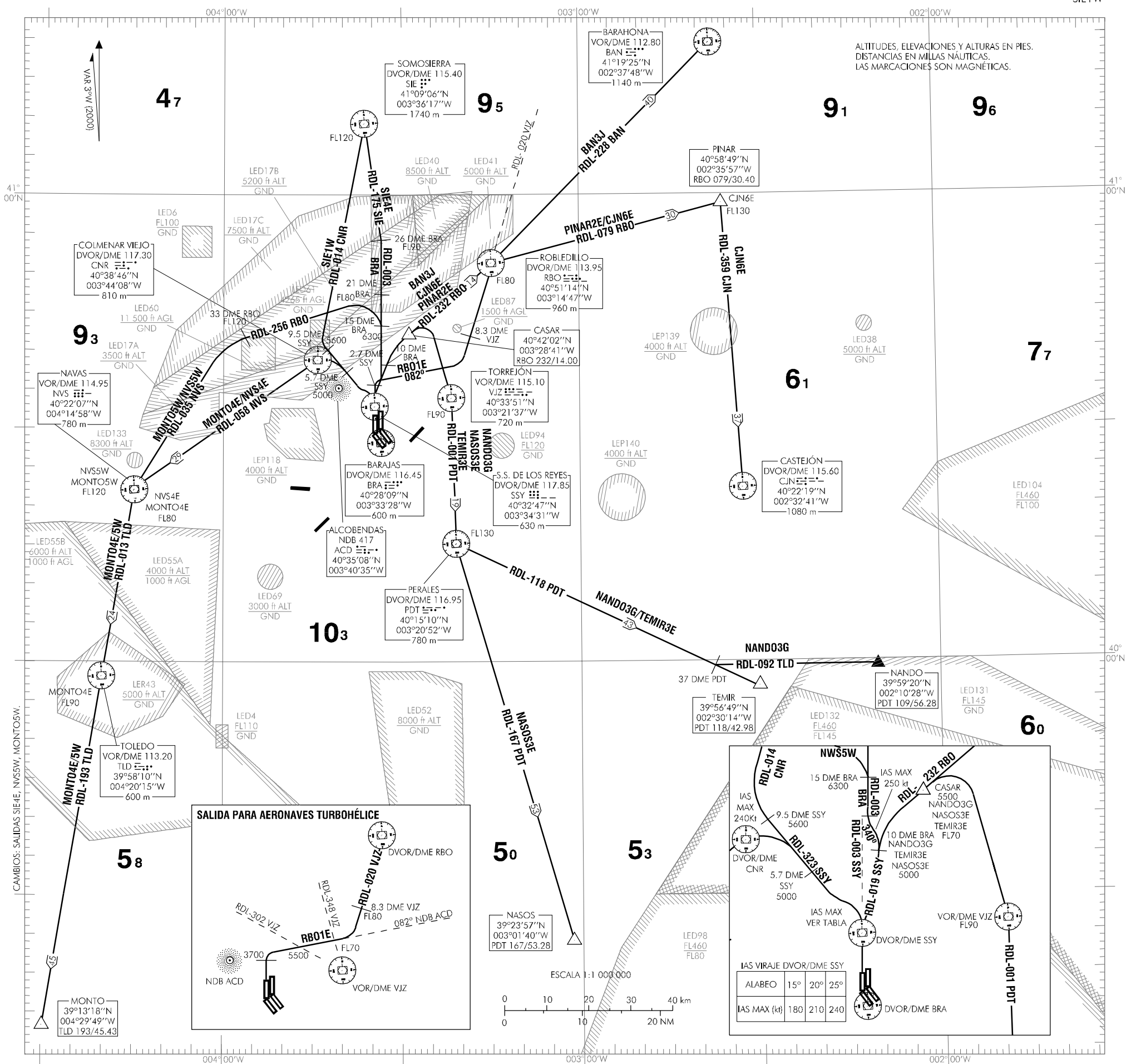


TOLEDO
113.20 TLD
39°58'10"N 004°20'15"W

385 TEO 39°58'22"N 004°20'46"W

VILLATOBAS
403 TOB 三...-
39°46'59"N 003°28'31"W

VILLATOBAS
112.70 VTB
39°46'51"N 003°27'51"W



CARTA DE SALIDA NORMALIZADA
VUELO POR INSTRUMENTOS (SID)-OACI

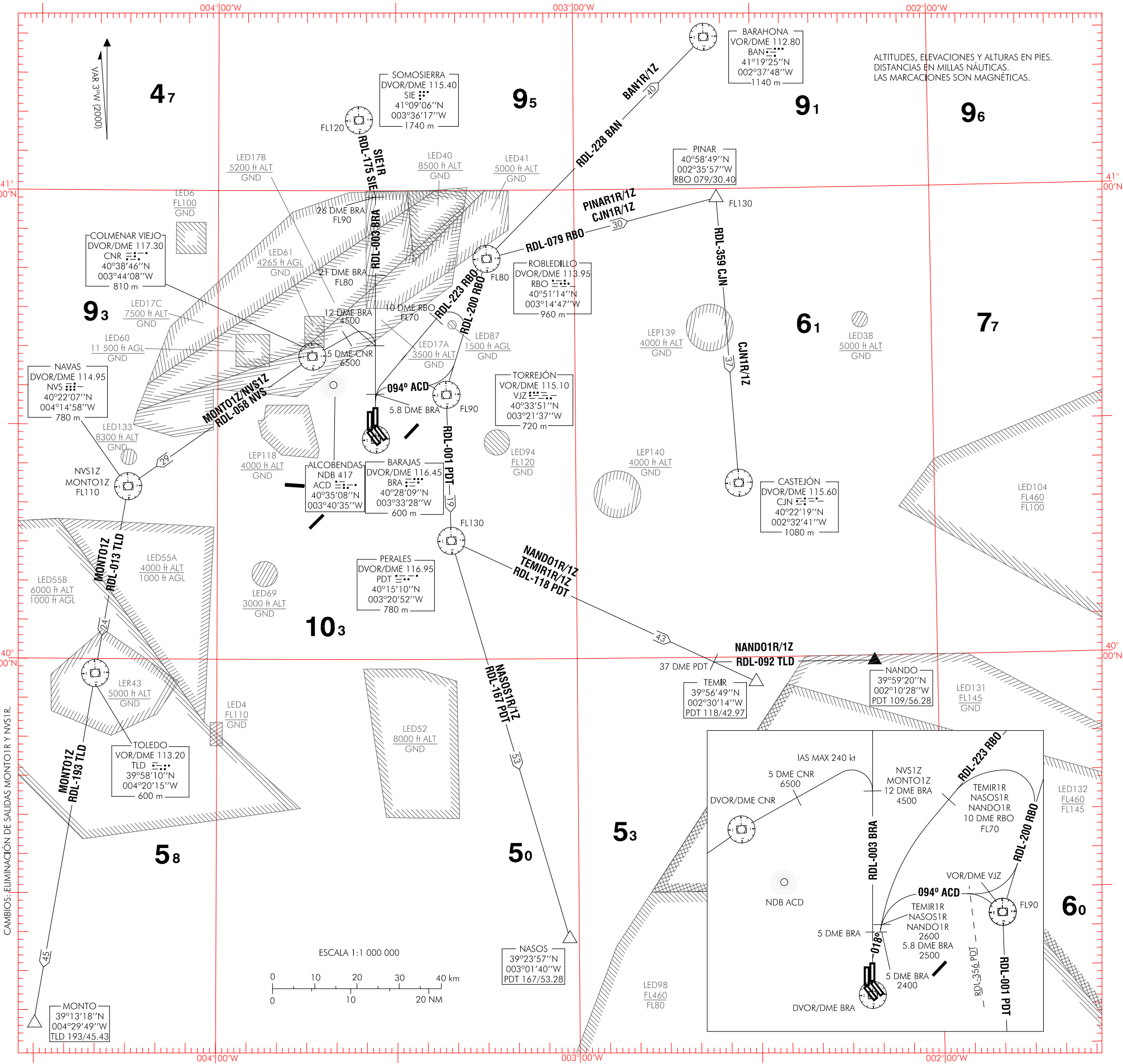
TA 6000

OESTE 118.750
TWR 118.075

MADRID/Barajas
RWY 36R Diurno

TEMIR1R	CJN1R	MONTO1Z	SIE1R
NANDO1Z	PINAR1R	NANDO1R	NVS1Z
TEMIR1Z	BAN1R	NASOS1R	CJN1Z
	NASOS1Z	PINAR1Z	BAN1Z

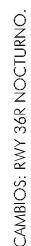
ALTITUDES, ELEVACIONES Y ALTURAS EN PIES.
DISTANCIAS EN MILLAS NAUTICAS.
LAS MARCACIONES SON MAGNETICAS.



TA 6000

BAN1Z	NANDO1Z	CJN1W	NASOS1Y	SIE1R
PINAR1Z	NASOS1Z	PINAR1W	TEMIR1Y	NVS1Z
CJN1Z	TEMIR1Z	MONTO1Z	NANDO1Y	BAN1W

ALTITUDES, ELEVACIONES Y ALTURAS EN PIES.
DISTANCIAS EN MILLAS NÁUTICAS.
LAS MARCACIONES SON MAGNÉTICAS.



CARTA DE LLEGADA NORMALIZADA VUELO POR INSTRUMENTOS (STAR)-OACI

TA 6000

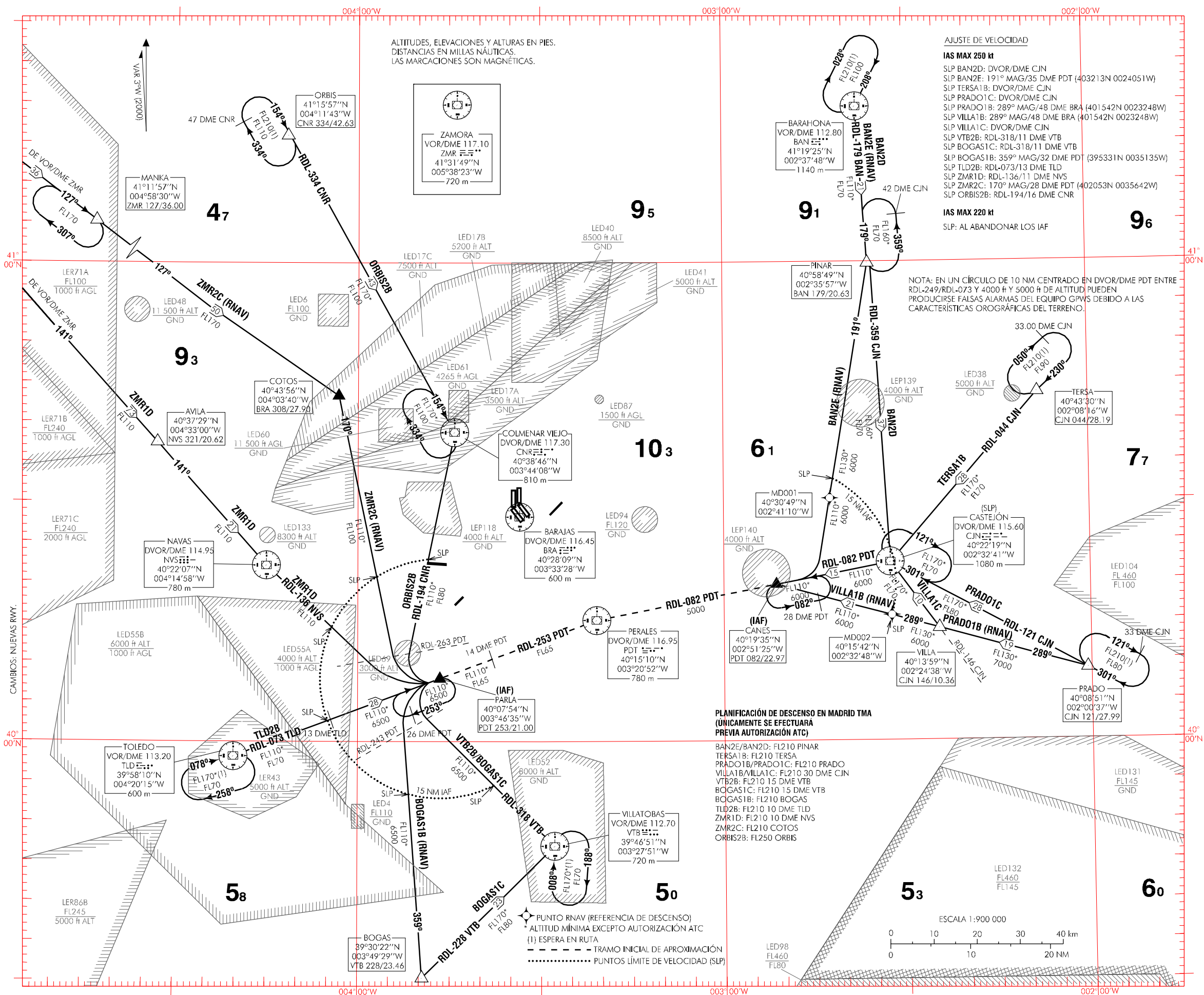
NORTE	118.75
OESTE	127.10
ESTE	118.40

APP	127.50
	128.70
TWR	118.15

MADRID/Barajas
RWY 33L/33R

	BAN2D	PRADO1C	VTB2B	TLD2B
BOGAS1C	BAN2E	PRADO1B	BOGAS1B	ZMR1D
VILLA1C	VILLA1B	ORBIS2B	TERSA1B	ZMR2C

ALTITUDES, ELEVACIONES Y ALTURAS EN PIES.
DISTANCIAS EN MILLAS NÁUTICAS.
LAS MARCACIONES SON MAGNÉTICAS.



WEF 14-APR-05 (AIRAC AMDT 03/05)

AIP-ESPAÑA

AD 2-LEMD STAR 2.1

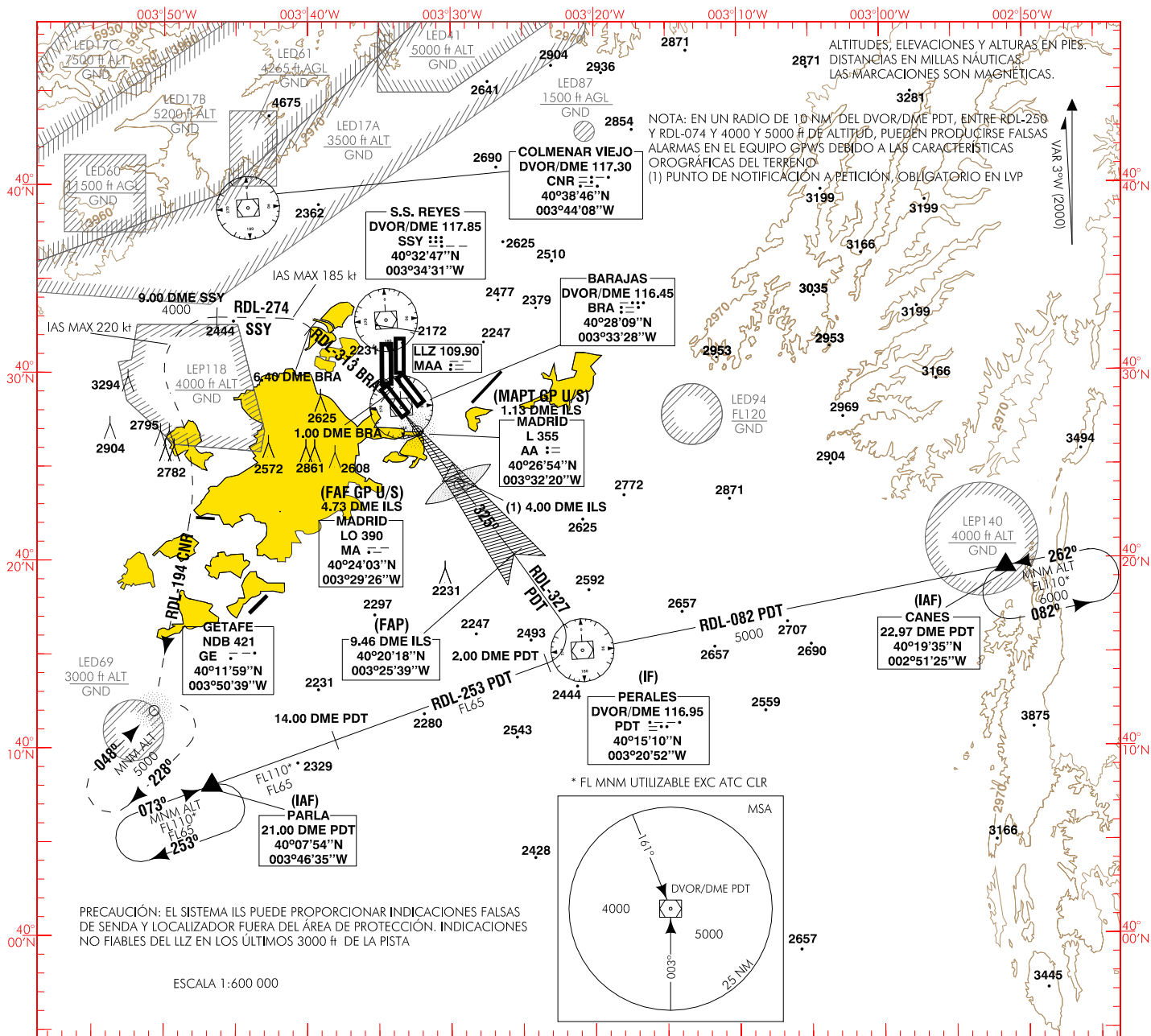
CARTA DE APROXIMACIÓN POR INSTRUMENTOS-OACI

ELEV AD
2000

APP 127.50
124.025
ATIS 118.25

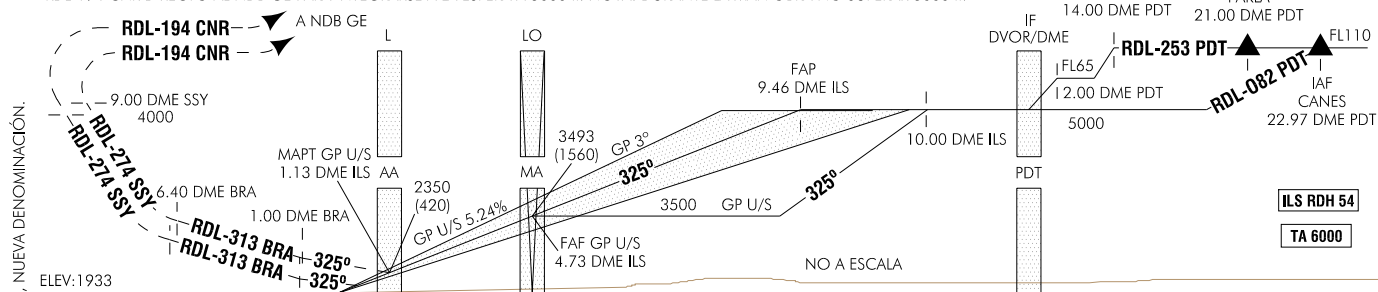
TWR 118.15
GMC S 121.70
GMC N 121.85

MADRID/Barajas
ILS
RWY 33L



FRUSTRADA: CONTACTO ATC ANTES DE ALCANZAR 4000 ft Y CONTINUAR SEGÚN INSTRUCCIONES.

SUBIR EN RUMBO DE PISTA HASTA 1.00 DME BRA. VIRAR A LA IZQUIERDA PARA SEGUIR RDL-313 BRA HASTA 6.40 DME BRA. VIRAR A LA IZQUIERDA (IAS MAX EN VIRAJE 185 kt) PARA INTERCEPTAR Y SEGUIR RDL-274 SSY HASTA 9.00 DME SSY Y ALCANZAR 4000 ft. VIRAR A LA IZQUIERDA (IAS MAX EN VIRAJE 220 kt) PARA INTERCEPTAR Y SEGUIR RDL-194 CNR DIRECTO AL NDB GE PARA INTEGRARSE A LA ESPERA A 5000 ft. NOTA: DURANTE LA MANIOBRA NO SUPERAR 5000 ft.



THR DESPLAZADO RWY 33L

HGT REF ELEV THR DESPLAZADO RWY 33L

OCA/H	A	B	C	D
CAT I	2149 (216)	2159 (226)	2169 (236)	2179 (246)
CAT II	(99)	(116)	(129)	(142)
CAT III	APPROVED			
GP U/S	2350 (420)			
En círculo (H) sobre 2000	2690 (690)	2760 (760)	3280 (1280)	3280 (1280)

GS	kt	80	100	120	140	160	180
FAP-THR: 9.46 NM	min:s	7:06	5:41	4:44	4:03	3:33	3:09
FAP-MAPT: 3.60 NM	min:s	2:42	2:10	1:48	1:33	1:21	1:12
ROD: 5.24 %	ft/min	425	531	637	743	849	955
ALT/HGT DME (ILS) FNA GP U/S							
13 DME	12 DME	11 DME	10 DME	9 DME	8 DME	7 DME	6 DME
3270 (1340)	2950 (1020)	2630 (700)					

WEF 07-JUL-05 (AIRAC AMDT 08/05)

AIP-ESPAÑA

AD 2-LEMD IAC/1

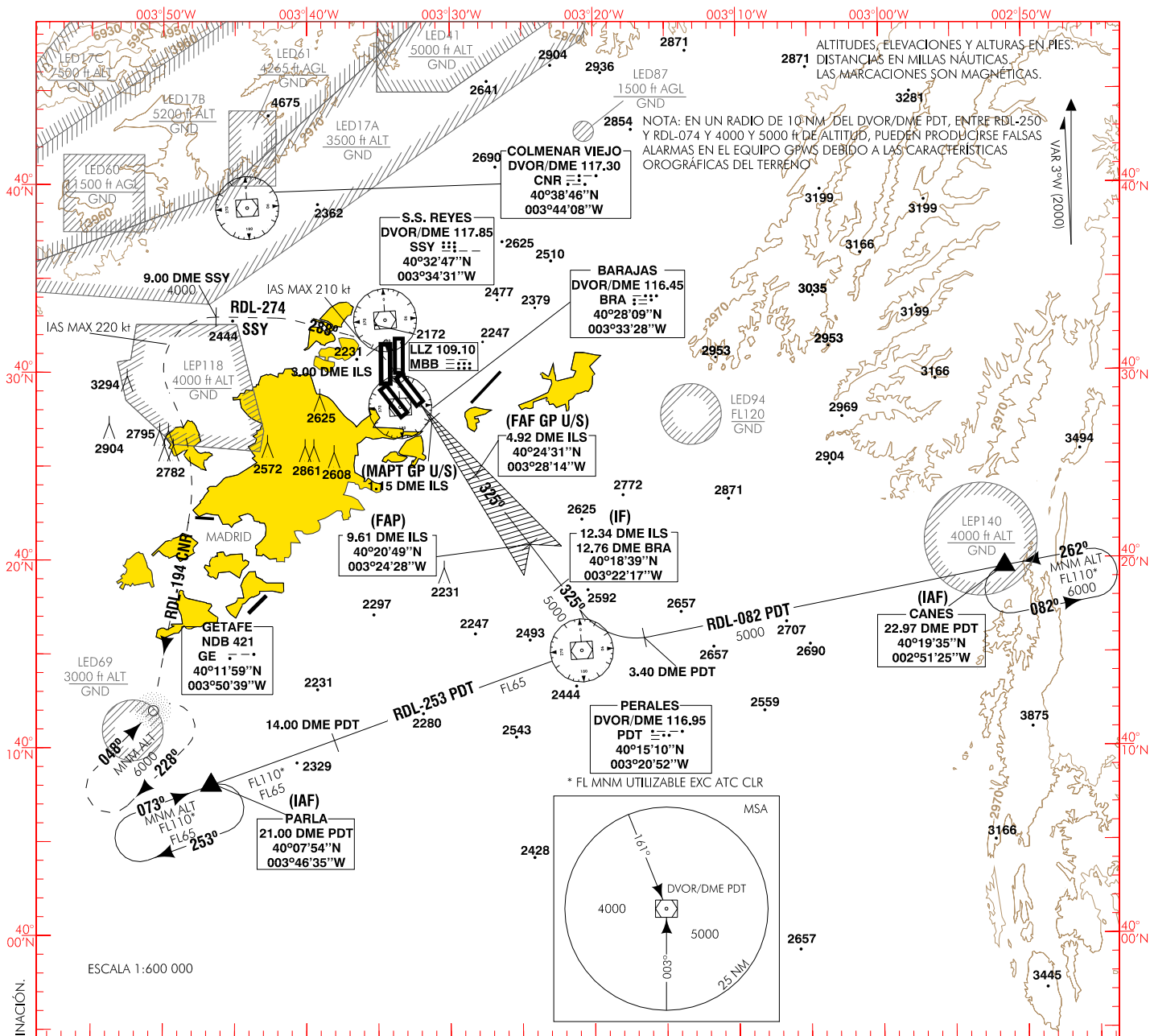
CARTA DE APROXIMACIÓN
POR INSTRUMENTOS-OACI

ELEV AD
2000

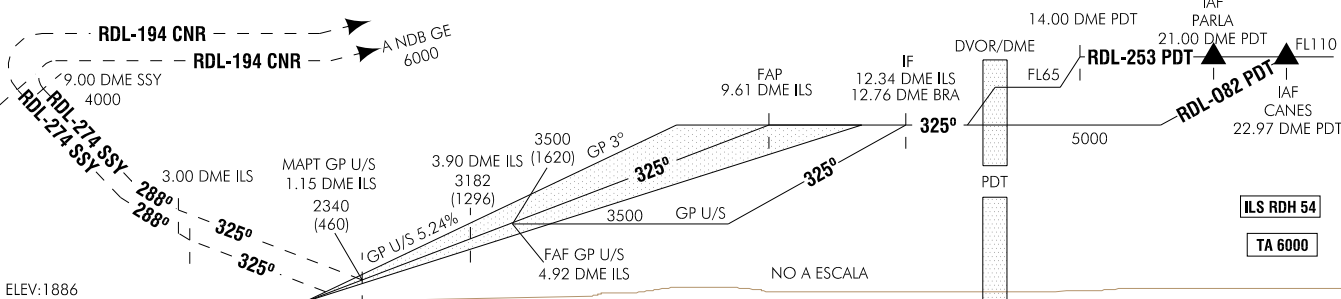
APP 127.50
124.025
ATIS 118.25

TWR 118.15
GMC S 121.70
GMC N 121.85

MADRID/Barajas
ILS
RWY 33R



FRUSTRADA: SUBIR EN RUMBO DE PISTA HASTA 3.00 DME ILS. VIRAR A LA IZQUIERDA (IAS MAX 210 kt) PARA SEGUIR RUMBO MAGNÉTICO 288° HASTA INTERCEPTAR Y SEGUIR RDL-274 SSY HASTA 9.00 DME SSY Y ALCANZAR 4000 ft. VIRAR A LA IZQUIERDA (IAS MAX EN VIRAJE 220 kt) PARA INTERCEPTAR Y SEGUIR RDL-194 CNR DIRECTO A NDB GE PARA INTEGRARSE A LA ESPERA A 6000 ft.



ELEV: 1886
THR DESPLAZADO RWY 33R
HGT REF ELEV THR DESPLAZADO RWY 33R

OCA/H	A	B	C	D
STA	CAT I	2126 (240)	2138 (252)	2146 (260)
	CAT II	(152)	(169)	(181)
	CAT III	APPROVED		
	GP U/S	2340 (460)		
En círculo (H) sobre 2000	2690 (690)	2760 (760)	3280 (1280)	3280 (1280)

GS	kt	80	100	120	140	160	180
FAP-THR: 9.61 NM	min:s	7:12	5:46	4:48	4:07	3:36	3:12
FAP-MAPT: 3.77 NM	min:s	2:50	2:16	1:53	1:37	1:25	1:15
ROD: 5.24 %	ft/min	425	531	637	743	849	955
ALT/HGT DME (ILS) FNA GP U/S							
13 DME	12 DME	11 DME	10 DME	9 DME	8 DME	7 DME	6 DME
5 DME	4 DME	3 DME	2 DME	1 DME			